NGUYỄN ĐỨC THÂM - NGUYỄN NGỌC HƯNG

Tổ Chức Hoạt Động Nhận Thức Cho Học Sinh TRONG DẠY HỌC VẬT LÝ Ở TRƯỜNG PHỔ THÔNG

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

NGUYỄN ĐỨC THÂM - NGUYỄN NGỌC HƯNG

TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG NHẬN THỨC CHO HỌC SINH TRONG DẠY HỌC VẬT LÝ Ở TRƯỜNG PHỔ THÔNG

(In lần thứ 4)

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

LỜI NÓI ĐẦU

Sự nghiệp công nghiệp hoá, hiện đại hoá đất nước đòi hỏi ngành giáo dục phải "đổi mới mạnh mẽ phương pháp giáo dục - đào tạo, khắc phục lối truyền thụ một chiều, rèn luyện thành nếp tư duy sáng tạo của người học" như Nghị quyết Trung ương 2, khoá 8 đã chỉ rõ. Một trong những biện pháp quan trọng để thực hiện đường lối trên là đưa học sinh vào vị trí chủ thể hoạt động nhận thức, thông qua hoạt động tự lực của bản thân mà chiếm lĩnh kiến thức, phát triển năng lực trí tuệ.

Đổi mới phương pháp dạy học là một việc làm phức tạp, khó khăn vì nó đòi hỏi người dạy và người học đều phải đấu tranh gian khổ với một thói quen đã có từ lâu đời trong dạy và học : Người dạy thì chỉ chú trọng giảng giải, minh hoạ, truyền thụ một chiều, nhồi nhét kiến thức cho học sinh; người học thì thụ động tiếp thu, ghi nhớ, nhắc lại. Để có thể thay đổi được nếp dạy và học lạc hậu, kém hiệu quả đó, phải thực hiện nhiều giải pháp đồng bộ, nhiều công trình nghiên cứu về hoạt động học của học sinh. Cuốn sách này giới thiệu những biện pháp cơ bản đảm bảo cho học sinh hoạt động nhận thức có hiệu quả trong dạy học vật lý, đặc biệt là tổ chức rèn luyện cho học sinh những kỹ năng và phương pháp hoạt động nhận thức vật lý phổ biến.

Việc đổi mới phương pháp dạy học theo hướng trên đã trở thành cấp bách, cho nên đã được đưa vào chương trình đào tạo nghiệp vụ cho sinh viên các trường Sư phạm, chương trình bồi dưỡng thường xuyên cho giáo viên vật lý THPT chu kỳ 1996 - 2000 và cho cả bậc đào tạo thạc sỹ, nghiên cứu sinh.

Các tác giả đã trình bày cuốn sách như một tài liệu chuyên khảo,có thể phục vụ cho các đối tượng thuộc nhiều trình độ khác nhau. Mỗi chương trong cuốn sách này đều có tính chất độc lập tương đối. Tuỳ theo đối tượng học, có thể bỏ bớt một số chương, một số mục trong các chương cho phù hợp với yêu cầu.

Để cho cuốn sách mang tính chất thiết thực, các tác giả đã cố gắng đưa ra nhiều ví dụ cụ thể về việc vận dụng các phương pháp nhận thức trong dạy học vật lý. Nhiều ví dụ đã được rút ra từ các bài học thực nghiệm ở trường phổ thông trong những năm gần đây.

Tổ chức hoạt động nhận thức của học sinh trong dạy học vật lý đang là vấn đề thời sự mới mẻ, cần phải thử nghiệm, cải tiến nhiều qua thực tiễn dạy học.

Các tác giả rất mong nhận được sự phê bình, góp ý của độc giả.

Các tác giả

CHƯƠNG 1

BẢN CHẤT HOẠT ĐỘNG CỦA VIỆC HỌC TẬP VẬT LÝ Ở TRƯỜNG PHỔ THÔNG

1.1. Mục đích dạy học trong giai đoạn công nghiệp hoá, hiện đại hoá đất nước

Chúng ta đang bước vào ngưỡng cửa của thế kỷ 21. Đất nước ta đang bước vào thời kỳ công nghiệp hoá, hiện đại hoá, đang chuyển từ cơ chế kế hoạch hoá tập trung sang cơ chế thị trường có sự quản lý của Nhà nước. Thế giới đang xảy ra sự bùng nổ tri thức khoa học và công nghệ. Xã hội mới phồn vinh ở thế kỷ 21 phải là một xã hội "dựa vào tri thức", vào tư duy sáng tạo, vào tài năng sáng chế của con người. Để có thể vươn lên được, chúng ta không những phải học hỏi kinh nghiệm của các nước tiên tiến mà còn phải biết áp dụng những kinh nghiệm đó một cách sáng tạo, tìm ra con đường phát triển riêng phù hợp với hoàn cảnh cụ thể của đất nước.

Tình hình đó đòi hỏi nền giáo dục của nước ta phải đổi mới mạnh mẽ, sâu sắc, toàn diện để có thể đào tạo cho đất nước những con người lao động hoạt động có hiệu quả trong hoàn cảnh mới . Nghị quyết Hội nghị lần thứ hai Ban chấp hành Trung ương Đảng Cộng sản Việt Nam khoá VIII đã chỉ rõ : Từ nay đến năm 2000, "Mục tiêu chủ yếu là thực hiện giáo dục toàn diện đạo đức, trí dục, thể dục ở tất cả các bậc học. Hết sức coi trọng giáo dục chính trị tư tưởng, nhân cách, khả năng tư duy sáng tạo và năng lực thực hành".

Để thực hiện được mục tiêu đó, có rất nhiều việc phải làm ở tầm vĩ mô của Nhà nước, của toàn xã hội cũng như ở tầm vi mô của mỗi trường học, lớp học, mỗi giáo viên, học sinh. Những vấn đề ở tầm vĩ mô như mục tiêu giáo dục, hệ thống giáo dục, thiết kế chương trình, cung cấp các phương tiện dạy học, chính sách đối với người dạy, người học v.v... ; ở tầm vi mô là phương pháp giáo dục, phương pháp dạy học, hoạt động của giáo viên và học sinh trong quá trình dạy học... Những vấn đề ở tầm vĩ mô và vi mô tác động qua lại, ảnh hưởng lẫn nhau. Tuy nhiên, chất lượng giáo dục thể hiện ở sản phẩm cuối cùng là phẩm chất, nhân cách của học sinh. Điều quan tâm trước hết và cũng là cuối cùng của người giáo viên, nhân vật chủ chốt trong công tác giáo dục và dạy học là làm thế nào cho học sinh của mình trong thời gian qui định của chương trình đào tạo đạt được những yêu cầu mà xã hội mới đặt ra cho nhà trường.

Điều đáng chú ý là : Mục đích giáo dục ngày nay ở nước ta và trên thế giới không chỉ dừng lại ở việc truyền thụ cho học sinh những kiến thức, kỹ năng loài người đã tích luỹ được trước đây, mà còn đặc biệt quan tâm đến việc bồi dưỡng cho họ năng lực sáng tạo ra những tri thức mới, phương pháp mới, cách giải quyết vấn đề mới phù hợp với hoàn cảnh của mỗi đất nước, mỗi dân tộc. Trong xã hội phát triển mạnh như hiện nay và ở thế kỷ 21, người lao động cũng phải biết luôn đổi mới kiến thức và năng lực của mình cho phù hợp với sự phát triển của khoa học, kỹ thuật. Lúc đó, người lao động phải có khả năng tự định hướng và tự học để thích ứng với đòi hỏi mới của xã hội. Giáo dục không phải chỉ chú ý đến yêu cầu xã hội đối với người lao động, mà còn phải chú ý đến quyền lợi, nguyện vọng, năng lực, sở trường của cá nhân. Sự phát triển đa dạng của cá nhân sẽ dẫn đến sự phát triển mau lẹ, toàn diện và hài hoà của xã hội.

1.2. Dạy học bằng hoạt động, thông qua hoạt động của học sinh

Để thực hiện mục tiêu đổi mới giáo dục như trên, phải giải quyết đồng bộ rất nhiều mặt có liên quan đến giáo dục. Riêng về mặt phương pháp giáo dục, phương pháp dạy học, nghị quyết Trung ương 2 đã chỉ rõ : "Đổi mới mạnh mẽ phương pháp giáo dục - đào tạo, khắc phục lối truyền thụ một chiều, rèn luyện thành nếp tư duy sáng tạo của người học, từng bước áp dụng các phương pháp tiên tiến và phương tiện hiện đại vào quá trình dạy học, đảm bảo điều kiện và thời gian tự học, tự nghiên cứu cho học sinh, nhất là sinh viên đại học".

Thành tựu quan trọng nhất của tâm lý học thế kỷ 20 dùng làm cơ sở cho việc đổi mới phương pháp dạy học là lý thuyết hoạt động được Vưgôtxki khởi xướng và A.N.Lêônchiep phát triển. Theo lý thuyết này, bằng hoạt động và thông qua hoạt động, mỗi người tự sinh thành ra mình, tạo dựng và phát triển ý thức và nhân cách của mình. Vận dụng vào dạy học, việc học tập của học sinh có bản chất hoạt động : Bằng hoạt động, thông qua hoạt động của bản thân mà chiếm lĩnh kiến thức, hình thành và phát triển năng lực trí tuệ cũng như quan điểm đạo đức, thái độ.

Việc học tập của học sinh là một loại hoạt động đặc thù của con người. Nó có cấu trúc giống như hoạt động lao động sản xuất nói chung, bao gồm các thành tố có quan hệ và tác động đến nhau : Một bên là động cơ, mục đích, điều kiện và bên kia là hoạt động, hành động và thao tác. Động cơ nào quy định sự hình thành và diễn biến của hoạt động ấy: muốn thoả mãn được động cơ ấy, phải thực hiện lần lượt những hành động nào để đạt được những mục đích cụ thể nào và cuối cùng mỗi hành động được thực hiện bằng nhiều thao tác sắp xếp theo một trình tự xác định, ứng với mỗi thao tác phải sử dụng những phương tiện, công cụ thích hợp.

Hoạt động nào cũng có đối tượng. Thông thường, các hoạt động khác có đối tượng là một khách thể, hoạt động hướng vào làm biến đổi khách thể. Trong khi đó, hoạt động học lại làm cho chính chủ thể (người học) của hoạt động biến đổi và phát triển. Đối tượng của hoạt động học là tri thức, kỹ năng, kỹ xảo cần chiếm lĩnh. Nội dung của đối tượng này không hề thay đổi sau khi bị chiếm lĩnh, nhưng chính nhờ có sự chiếm lĩnh này mà các chức năng tâm lý của chủ thể mới được thay đổi và phát triển.

Kết quả của việc học tập phụ thuộc chủ yếu vào hoạt động học của học sinh. Như vậy, nhiệm vụ chính của giáo viên là tổ chức, hướng dẫn hoạt động học của học sinh để thông qua hoạt động đó, học sinh lĩnh hội được nền văn hoá xã hội, tạo ra sự phát triển những phẩm chất tâm lý, hình thành nhân cách của họ.

Muốn tổ chức, hướng dẫn tốt hoạt động học tập vật lý của học sinh mà thực chất là hoạt động nhận thức vật lý, người giáo viên cần nắm được quy luật chung của quá trình nhận thức khoa học, lôgic hình thành các kiến thức vật lý, những hành động thường gặp trong quá trình nhận thức vật lý, những phương pháp nhận thức vật lý phổ biến để hoạch định những hành động, thao tác cần thiết của học sinh trong quá trình chiếm lĩnh một kiến thức hay một kỹ năng xác định và cuối cùng là: cần nắm được những biện pháp để động viên khuyến khích học sinh tích cực, tự lực thực hiện các hành động đó, đánh giá kết quả hành động. Dưới đây, chúng ta sẽ lần lượt xem xét các vấn đề trên.

1.3. Con đường nhận thức vật lý

1.3.1. Quy luật chung của quá trình nhận thức chân lý

Nhận thức vật lý là nhận thức chân lý khách quan. V.I. Lênin đã chỉ rõ quy luật chung nhất của hoạt động nhận thức là : "Từ trực quan sinh động đến tư duy trừu tượng và từ tư duy trừu tượng đến thực tiễn, đó là con đường biện chứng của nhận thức chân lý, của sự nhận thức hiện thực khách quan".

Tâm lý học hiện đại cho rằng : Trong việc nhận thức thế giới, con người có thể đạt được những mức độ nhận thức khác nhau, từ thấp đến cao, từ đơn giản đến phức tạp. Mức độ thấp ban đầu là nhận thức cảm tính bao gồm cảm giác và tri giác, trong đó con người phản ánh vào óc những biểu hiện bên ngoài của sự vật khách quan, những cái đang tác động trực tiếp vào giác quan. Mức độ cao gọi là nhận thức lý tính, còn gọi là tư duy, trong đó con người phản ánh vào óc những thuộc tính bản chất bên trong của sự vật, những mối quan hệ có tính quy luật. Dựa trên các dữ liệu cảm tính, con người thực hiện các thao tác phân tích, so sánh, tổng hợp, khái quát hoá, trừu tượng hoá để rút ra những tính chất chủ yếu của đối tượng nhận thức và xây dựng thành những khái niệm. Mỗi khái niệm được diễn đạt bằng một từ ngữ. Mối quan hệ giữa các thuộc tính của vật chất cũng được biểu thị bằng mối quan hệ giữa các khái niệm dưới dạng những mệnh đề, những phán đoán. Đến đây, con người tư duy bằng khái niệm. Sự nhận thức không dừng lại ở sự phản ánh vào trong óc những thuộc tính của sự vật, hiện tượng khách quan mà còn thực hiện các phép suy luận để rút ra những kết luận mới, dự đoán những hiện tượng mới trong thực tiễn. Nhờ thế mà tư duy luôn có tính sáng tạo, có thể mở rộng sự hiểu biết của con người và vận dụng những hiểu biết của mình vào việc cải tạo thế giới khách quan, phục vụ lợi ích của con người.

Đó là những quy luật chung của mọi quá trình nhận thức chân lý. Tuy nhiên, đối với mỗi ngành khoa học, quá trình nhận thức cũng có những nét đặc thù, tuỳ thuộc vào đối tượng nhận thức cụ thể. Mỗi khoa học chỉ trở thành một khoa học thực sự khi nó có một hệ thống khái niệm rõ ràng và một phương pháp nghiên cứu có hiệu quả.

A. Anhstanh cho rằng : " Khoa học không phải là sự sưu tập các định luật, sự tổng hợp các hiện tượng không liên hệ với nhau. Nó là sự sáng tạo của trí tuệ con người bằng những tư tưởng và khái niệm được phát minh một cách tự do. Các lý thuyết về vật lý cố tạo nên một bức tranh hiện thực và thiết lập sự liên hệ giữa nó với thế giới rộng lớn của cảm giác".

Thế giới vật chất tồn tại khách quan, không phụ thuộc vào ý muốn của con người, con người nhận biết được những dấu hiệu bên ngoài của nó nhờ tác động của nó lên các giác quan. Cảm giác của những người phát triển bình thường về cùng một sự vật, hiện tượng trong những điều kiện như nhau là giống nhau. Nhưng giải thích bản chất và nguyên nhân của chúng thì lại có nhiều ý kiến khác nhau, dẫn tới dùng nhiều khái niệm khác nhau. Nội dung của các khái niệm cũng không phải là cố định mà phát triển theo trình độ nhận thức, công cụ hoạt động của con người. Vấn đề là ở chỗ: Con người phải hoạt động như thế nào để có thể nhận thức được chân lý.

Lịch sử vật lý học cho thấy rằng : Quá trình nhận thức vật lý không phải luôn luôn diễn ra suôn sẻ, thuận lợi mà luôn có những mâu thuẫn, những sự đấu tranh quyết liệt, sống mái giữa những tư tưởng, những quan điểm, những phương pháp cũ và mới. Nhờ thế mà các nhà khoa học xây dựng được những khái niệm, những định luật, những mô hình, những lý thuyết vật lý phản ánh ngày càng chính xác hơn các hiện tượng vật lý, bao quát được càng nhiều hơn các lĩnh vực khác nhau của vật lý học.

Dưới đây, chúng ta sẽ điểm qua một số mốc chính trên con đường nhận thức nhọc nhằn, gian khổ đó.

1.3.2. Vật lý thời cổ đại

Trong thời kỳ cổ đại, khoa học chưa phân ngành và chưa tách khỏi triết học. Môn Triết học tự nhiên của các nhà hiền triết cổ Hy Lạp chính là triết học của thiên nhiên. Mục đích của nó là tìm hiểu và giải thích thiên nhiên một cách toàn bộ mà chưa đi vào từng lĩnh vực cụ thể. Phương pháp của nó là suy lý trừu tượng, người tiêu biểu là Aristốt

(384-322 trước công nguyên). Ông chính là người đầu tiên sáng tạo ra lôgic học là khoa học của sự suy lý hãy còn giá trị cho đến ngày nay. Các nhà hiền triết thời cổ đại cho rằng : Có thể dùng sự suy lý, sự tranh luận để tìm ra chân lý. Vì vậy, nhiều khi họ đã thay thế những mối quan hệ có thật nhưng mình chưa biết bằng những mối quan hệ do mình tưởng tượng ra. Với phương pháp nhận thức như thế, dẫn đến những nhận thức sai lầm, sau lại bị giáo hội Giatô bóp méo, lợi dụng, kìm hãm sự phát triển của khoa học, khiến cho khoa học bị trì trệ trong suốt thời kỳ trung cổ.

1.3.3. Galilê và vật lý học

Mãi đến thế kỷ 16, bắt đầu từ nhà vật lý học vĩ đại Galilê (1564-1642) - ông tổ của vật lý thực nghiệm, vật lý học mới trở thành một khoa học độc lập. Galilê cho rằng : Những cuộc tranh luận suông chỉ dùng suy lý trừu tượng thời cổ đại là vô bổ không dẫn đến chân lý, mỗi khi gặp khó khăn mà những suy lý đó không giải quyết được lại viện lý do : Đó là do ý Chúa ! Ông cho rằng : Muốn hiểu biết thiên nhiên phải trực tiếp quan sát thiên nhiên, phải làm thí nghiệm, phải "hỏi thiên nhiên" chứ không phải hỏi Aristốt hoặc kinh thánh và "phải để cho thiên nhiên phán xét mỗi khi con người tranh luận với nhau về thiên nhiên". Ông là người đặt nền móng đầu tiên cho phương pháp thực nghiệm, một phương pháp rất hiệu nghiệm để nghiên cứu thiên nhiên. Phương pháp đó được các nhà khoa học tiếp sau phát triển và hoàn thiện. Spaski nêu lên thực chất phương pháp thực nghiệm của Galilê như sau : Xuất phát từ quan sát và thực nghiệm, nhà khoa học xây dựng một giả thuyết. Giả thuyết không chỉ đơn giản là sự tổng quát hoá các thí nghiệm đã làm, nó còn chứa đựng một cái gì mới mẻ, không có sẵn trong từng thí nghiệm cụ thể. Bằng phép suy luận lôgic và bằng toán học, nhà khoa học có thể từ giả thuyết đó mà rút ra một số hệ quả, tiên đoán một số sự kiện mới trước đó chưa biết đến. Những sự kiện và hệ quả mới đó lại được thực nghiệm kiểm tra, và nếu sự kiểm tra đó thành công, nó khẳng định giả thuyết, biến giả thuyết thành một định luật vật lý chính xác.

Như vậy, phương pháp thực nghiệm có tính hệ thống, tính khoa học, có chức năng nhận thức luận ,vì nó hướng đến tổng quát hoá về mặt lý thuyết các sự kiện thực nghiệm và phát hiện ra bản chất của sự vật, hiện tượng. Phương pháp thực nghiệm với sức thuyết phục cụ thể và lớn lao của nó, có khả năng nhanh chóng đánh đổ các lý thuyết, tư tưởng lỗi thời đang thống trị lúc bấy giờ và tạo ra những điều kiện ban đầu cho khoa học có thể thâm nhập vào đông đảo quần chúng, vào những người lao động.

1.3.4. Niutơn và cơ học cổ điển

Galilê đã đặt nền móng đầu tiên cho việc nghiên cứu chuyển động của các vật thể, nhưng phải đợi đến Niutơn (1641-1727), lần đầu tiên cơ học mới được trình bày một cách có hệ thống trong tác phẩm nổi tiếng của ông "Nguyên lý toán học của triết học tự nhiên". ở đây, Niutơn đã xây dựng hoàn chỉnh những khái niệm và những định luật của cơ học (những khái niệm : Không gian, thời gian, vận tốc, lực, khối lượng, ba định luật về chuyển động, ngày nay gọi là ba định luật Niutơn và định luật vạn vật hấp dẫn). Với các khái niệm và định luật trên, cùng với việc sử dụng công cụ toán học, Niutơn đã giải quyết trọn vẹn bài toán về chuyển động của các vật thể trên trái đất và của cả mặt trăng, mặt trời, các hành tinh khác trong vũ trụ. Nếu biết trạng thái ban đầu của vật và các lực tác dụng lên vật, ta có thể xác định được một cách đơn giá mọi trạng thái tương lai của vật. Sự thành công lớn lao đó cho phép tin rằng: Những quy luật của cơ học Niutơn có tính phổ biến trong toàn vũ trụ và áp dụng được cho mọi vật trong vũ trụ. Những thành công vô cùng lớn lao của cơ học Niutơn cũng làm cho Niutơn và các nhà khoa học khác tin rằng : Cơ học Niutơn không những có thể giải thích được mọi hiện tượng cơ học mà còn giải thích được mọi hiện tượng khác của vật lý như hiện tượng nhiệt, hiện tượng điện... vì họ cho rằng : Các hiện tượng khác đều có thể quy về hiện tượng cơ học. Về sau, các nhà bác học Ơle, Đalămbe, Lagrangiơ, Laplaxơ đã vận dụng các phép tính vi phân và phát triển cơ học Niutơn lên một bước nữa, trở thành một hệ thống khoa học đầu tiên của loài người được xây dựng một cách chặt chẽ và có hệ thống.

Sự mở rộng phạm vi ứng dụng của những khái niệm và định luật của cơ học Niutơn sang các lĩnh vực khác của vật lý học là một thắng lợi rực rỡ của cơ học Niutơn, nhưng cũng chính do đó mà xuất hiện những mâu thuẫn mới giữa lý thuyết và thực nghiệm, bộc lộ những hạn chế của cơ học Niutơn.

Phương pháp mà Niutơn đã dùng là kết hợp chặt chẽ thí nghiệm và suy luận lý thuyết, có sự trợ giúp mạnh mẽ của công cụ toán học, kết hợp chặt chẽ qui nạp và diễn dịch. Ông đã nêu ra 4 qui tắc của sự nghiên cứu như sau :

a) Qui tắc 1 : Đối với mỗi hiện tượng không thừa nhận những nguyên nhân nào khác ngoài những nguyên nhân đủ để giải thích nó. Qui tắc này là sự khẳng định vai trò của lý trí con người trong sự nhận thức chân lý, gạt bỏ những luận điểm tôn giáo, kinh viện, không có liên quan đến khoa học.

b) Qui tắc 2 :Những hiện tượng như nhau luôn luôn được quy về cùng một nguyên nhân. Qui tắc này thể hiện tư tưởng nhân quả quyết định luận của Niutơn : Một nguyên nhân xác định phải gây ra một hệ quả xác định.

c) Qui tắc 3: Tính chất của tất cả các vật có thể đem ra thí nghiệm được, mà ta không thể làm cho nó tăng lên hoặc giảm xuống thì được coi là tính chất của mọi vật nói chung. Qui tắc này là sự quy nạp khoa học, cho phép ta khái quát hóa những trường hợp riêng lẻ để tìm ra những định luật tổng quát.

d) Qui tắc 4 : Bất kỳ khẳng định nào rút ra được từ thực nghiệm, bằng phương pháp qui nạp đều là đúng, chừng nào chưa có những hiện tượng khác giới hạn hoặc mâu thuẫn với khẳng định đó. Qui tắc này thể hiện quan điểm biện chứng về tính tương đối và tuyệt đối của chân lý. Nó thừa nhận mỗi chân lý khoa học đều có thể được chính xác hoá thêm, được hoàn chỉnh thêm từng bước một, nhưng trong mỗi bước của quá trình nhận thức, nó vẫn hoàn toàn có giá trị khoa học.

1.3.5. Lý thuyết trường điện từ của Faraday và Macxoen

Ngày nay, chúng ta đã biết có hai dạng vật chất là chất và trường. Những hiện tượng xảy ra đối với các chất (các vật thể có hình dạng,kích thước, khối lượng rõ ràng), ta có thể quan sát trực tiếp bằng giác quan nhưng ta không trực tiếp quan sát được trường. Bởi vậy, việc thừa nhận trường là một dạng mới của vật chất là một điều rất khó khăn. Càng khó khăn hơn khi những tính chất của điện từ trường lại khác với những quan niệm của cơ học Niutơn lúc đó đã tỏ ra rất vững chắc.

Cho tới cuối thế kỷ XVIII, việc nghiên cứu điện từ được tiến hành độc lập đối với nhau, bản thân điện và từ cũng được coi là những hiện tượng tách rời nhau, không có liên quan gì với nhau. Khi đó, Culông đã phát minh ra định luật về lực tương tác giữa các điện tích và lực tác dụng giữa các từ cực :

$$F_e = k\frac{q_1 q_2}{r^2} \quad \text{và} \quad F_m = k\frac{m_1\, m_2}{r^2}.$$

Các lực này có dạng giống như lực hấp dẫn theo định luật vạn vật hấp dẫn của Niutơn. Sự giống nhau về dạng giữa công thức của lực từ và lực điện như trên khiến cho Ơcstet đặt vấn đề tìm mối quan hệ giữa điện và từ và đã phát minh ra định luật Ơcstet (1820) về tác dụng của một dòng điện lên một nam châm. Thí nghiệm Ơcstet lại gợi ý cho sự nghiên cứu của Farađay. Ông đặt vấn đề như sau : Nếu trong thí nghiệm Ơcstet, điện đã biến thành từ thì ngược lại, liệu có thể có cách nào biến từ thành điện được không và ông đã phát minh ra định luật cảm ứng điện từ (1831). Tiếp theo đó, Ampe tìm ra công thức của lực tương tác giữa hai dòng điện; Bio, Xava và Laplaxơ tìm ra công thức của lực tương tác giữa dòng điện và một từ cực:

$$dF = k\frac{I_1 . dl_1 . I_2 . dl_2}{r^2} \quad \text{và} \quad dF = k\frac{m . i . dl}{r^2}.$$

Năm 1852, Farađay bắt đầu nghiên cứu khái niệm đường sức từ. Đầu tiên đó chỉ là một mô hình dùng để mô tả sự phân bố của lực tác dụng của từ trường lên nam châm thử, chứ không mang một ý nghĩa vật lý nào sâu sắc. Nhưng sự vận dụng mô hình đó vào việc giải thích các hiện tượng điện và từ ngày càng tỏ ra có hiệu quả, đặc biệt là hiện tượng điện trường biến đổi sinh ra từ trường và ngược lại từ trường biến đổi sinh ra điện trường, không phụ thuộc vào nguồn điện và nam châm là nguồn từ. Điều đó đã dẫn Farađay đi đến ý tưởng là mô hình đường sức không phải chỉ hoàn toàn là hình thức mà có ý nghĩa vật lý, nghĩa là đề cập đến khả năng tồn tại về mặt vật lý của chúng, cũng có nghĩa là khả năng tồn tại về mặt vật lý của điện từ trường.

Macxoen (1831 - 1879) là người tiếp tục phát triển tư tưởng của Farađay và xây dựng lý thuyết trường điện từ một cách hoàn chỉnh. Macxoen cũng xuất phát từ mô hình cơ học, khi phát triển các khái niệm đường sức của Farađay. Macxoen đã coi điện tương tự như một dòng chất lỏng và xây dựng mô hình thuỷ động lực học của điện, với những ống dòng, những sức căng của điện ... Ông coi điện từ trường là cái có thật, thể hiện trạng thái của ête vũ trụ, và điện tích là những điểm tập trung hoặc những điểm dãn ra của ête. Macxoen đã khái quát hoá quá trình cảm ứng bằng cách đưa ra khái niệm véc tơ điện dịch. Trong ête thuần tuý, sự biến thiên của véctơ điện dịch theo thời gian cũng có tác dụng như một dòng điện gọi là dòng điện dịch. Macxoen cũng đã khái quát hoá định luật cảm ứng điện từ. Trước kia, Faraday chỉ nghiên cứu quá trình cảm ứng trong những dây dẫn khép kín. Macxoen coi quá trình cảm ứng điện từ như sự xuất hiện những đường sức khép kín của điện trường xung quanh một từ thông biến thiên, những đường sức đó xuất hiện trong dây dẫn, trong chất điện môi và ngay cả trong ête thuần tuý nữa; nói cách khác, một từ thông biến thiên phát sinh ra một điện trường xoáy. Do những sự khái quát đó, Macxoen đã thành lập được hệ phương trình vi phân nổi tiếng mang tên ông.

Những phương trình Macxoen cho phép giải những bài toán cơ bản của điện động lực học. Về các phương trình Macxoen, Anhstanh nhận xét rằng : "Sự thiết lập các phương trình này là sự kiện quan trọng nhất trong vật lý học từ thời Niutơn, không những vì sự phong phú của nội dung mà nó còn là kiểu mẫu của một loại định luật mới. Những nét đặc trưng của hệ phương trình Macxoen thể hiện cả trong mọi phương trình khác của vật lý học hiện đại, có thể tóm tắt trong một câu : Các phương trình Macxoen là những định luật biểu diễn cấu trúc của trường".

Các phương trình Macxoen không chỉ mô tả những hiện tượng đã biết. Nhờ sự suy diễn bằng toán học, từ phương trình Macxoen, ta có thể tìm thấy những tính chất mới lạ của trường. Từ các phương trình Macxoen, suy ra rằng: Chung quanh một điện tích dao động xuất hiện một điện trường biến đổi, điện trường biến đổi lại gây ra từ trường biến đổi, những biến đổi đó tạo thành sóng điện từ. Năng lượng bức xạ từ điện tích dao động truyền đi trong không gian với một vận tốc hữu hạn. Sóng đó là sóng ngang. Các phương trình Macxoen dự đoán rằng: Sóng điện từ có thể truyền trong chân không với một vận tốc hữu hạn, gần bằng vận tốc ánh sáng. Hai mươi năm sau, Hecxơ đã chế tạo được máy phát sóng điện từ đầu tiên, nghĩa là đã chứng minh sự tồn tại thực của sóng điện từ và thực nghiệm cũng xác nhận rằng: Vận tốc của nó bằng vận tốc ánh sáng. Anhstanh cho rằng: "Sự phát hiện sóng điện từ truyền với vận tốc bằng vận tốc ánh sáng(bằng lý thuyết)là một trong những thành tựu vĩ đại nhất trong khoa học".

Việc xây dựng các phương trình Macxoen có thể coi là một ví dụ điển hình về phương pháp mô hình trong vật lý học, nhất là mô hình trừu tượng - toán học. Về sau, loại mô hình này còn được sử dụng rất có hiệu quả trong những lĩnh vực khác nhau, đặc biệt là trong vật lý lý thuyết. Đáng chú ý rằng: Phương pháp mô hình này nhiều khi dự đoán được những kết quả rất mới lạ và bất ngờ mà trong hàng chục năm sau, người ta mới có thể kiểm tra bằng thực nghiệm được. Các nhà vật lý đều công nhận vai trò lớn lao của mô hình và sử dụng các mô hình để xây dựng lý thuyết, nhưng đồng thời cũng nhấn mạnh tính gần đúng, tính nhất thời của mô hình, các mô hình cho phép ta dựng nên một hình ảnh về hiện tượng cần nghiên cứu, nhưng không thể thay thế hoàn toàn hiện tượng đó được.

1.3.6. Anhstanh và thuyết tương đối

Người ta coi Anhstanh là người sáng lập ra vật lý hiện đại bởi những đóng góp vĩ đại của ông trong việc xây dựng thuyết tương đối và thuyết lượng tử ngày nay đã thâm nhập vào hầu hết các ngành của vật lý hiện đại. Anhstanh đã đưa vào vật lý những quan điểm mới về thế giới có tính chất cách mạng, trái với những quan điểm cơ học cổ điển và phương pháp mới rất có hiệu quả; nhờ thế mà nhận thức được thế giới một cách tinh tế, sâu sắc hơn. Ta hãy xét quá trình phát minh ra thuyết tương đối hẹp để hiểu phương pháp mới của ông.

Cuối thế kỷ XIX, vật lý học đã đạt được những thành tựu to lớn đến mức nhiều nhà vật lý có uy tín lúc bấy giờ cho rằng : Vật lý học đã tìm ra được mọi định luật cơ bản của tự nhiên, giải thích, dự đoán được mọi hiện tượng cơ học, nhiệt học, điện học, quang học... và không còn cái gì mới để phát minh nữa.

Đúng lúc đó thì xuất hiện hai sự kiện thực nghiệm không thể giải thích được bằng các lý thuyết cũ. Đó là kết quả của thí nghiệm đo vận tốc ánh sáng của Maikenxơn và thí nghiệm nghiên cứu bức xạ cuả vật đen tuyệt đối.

Như ta đã biết, cơ học Niutơn thừa nhận không gian tuyệt đối là không gian thực sự đứng yên và hệ qui chiếu quán tính là hệ chuyển động thẳng đều hoặc đứng yên so với không gian tuyệt đối. Theo nguyên lý quán tính Galilê (nguyên lý quán tính cổ điển) thì ta không thể dùng bất kỳ thí nghiệm cơ học nào để phân biệt xem một hệ đang đứng yên hay đang chuyển động thẳng đều. Nói cách khác, các thí nghiệm cơ học không cho phép ta phát hiện ra chuyển động quán tính tức là không cho phép ta phát hiện ra không gian tuyệt đối. Đến cuối thế kỷ XIX, kỹ thuật thực nghiệm đã cho phép đo được vận tốc ánh sáng một cách chính xác (khoảng gần 300.000km/s) và khẳng định thuyết điện từ về ánh sáng. Để giải thích sự truyền ánh sáng trong không gian, người ta thừa nhận một môi trường giả định gọi là ête vũ trụ, có mặt khắp nơi trong vũ trụ và đứng yên trong không gian tuyệt đối. Do đó, các nhà vật lý học hy vọng rằng : Nếu như các thí nghiệm cơ học không cho phép phát hiện không gian tuyệt đối thì các thí nghiệm quang học có thể cho phép làm việc đó.

Thí nghiệm Maikenxơn chính là một thí nghiệm nhằm mục đích phát hiện ra chuyển động trong không gian tuyệt đối. Nguyên tắc của thí nghiệm đó như sau : Trái đất chuyển động trên quỹ đạo quanh mặt trời với vận tốc 30km/s. Nếu như không gian chứa đầy ête vũ trụ đứng yên tại chỗ, khi trái đất chuyển động, phải có một luồng "gió ête" thổi ngược lại, giống như một người đi xe ôtô lúc trời lặng gió vẫn thấy có luồng gió thổi ngược. Trong thí nghiệm Maikenxơn, một tia sáng được tách thành hai tia kết hợp, truyền theo hai phương vuông góc với nhau, phản xạ trên những gương phẳng, rồi cùng truyền tới một giao thoa kế và tạo ra tại đấy một hình ảnh giao thoa nhất định nào đó. Nếu ta thay đổi vị trí của bộ thí nghiệm, tức là thay đổi các phương truyền ánh sáng, thì vận tốc ánh sáng trên các đường đi khác nhau sẽ thay đổi, giống như vận tốc của con thuyền thay đổi khi nó bơi ngược, bơi xuôi hay bơi ngang dòng sông. Do đó, hình ảnh giao thoa sẽ thay đổi, và khi đo được độ dịch chuyển của các vân giao thoa, các phép tính lý thuyết cho phép ta xác định được vận tốc của "gió ête".

Thí nghiệm Maikenxơn được thực hiện lần đầu tiên năm 1881. Năm 1887, nó được cải tiến để đạt mức chính xác cao, cho phép phát hiện được gió ête với vận tốc 3km/s trở lên (bằng 1/10 vận tốc trái đất trong không gian). Từ đó tới năm 1905, nó còn được cải tiến nhiều lần nữa để tiếp tục nâng cao mức chính xác lên. Nhưng thí nghiệm càng chính xác lại càng khẳng định một kết luận ngược với lòng mong muốn: Không phát hiện được gió ête. Số đông các nhà vật lý xuất phát từ những quan niệm cổ điển không thể từ đó rút ra kết luận rằng : Không có gió ê tê, không có ête vũ trụ, không có không gian tuyệt đối. Nhiều giả thuyết được nêu ra để giải thích kết quả phủ định của thí nghiệm Maikenxơn nhưng đều không thành công và lý thuyết cổ điển đành chịu bất lực.

Trước tình hình đó, Anhstanh thừa nhận các kết quả thực nghiệm là khách quan, công nhận rằng lý thuyết cũ không có khả năng giải thích được nó và đi tìm một lý thuyết mới có khả năng giải thích được những hiện tượng đó.

Thuyết tương đối hẹp của Anhstanh được xây dựng trên cơ sở hai tiên đề (cũng gọi là hai nguyên lý). Theo tiên đề thứ nhất, ta không thể dùng bất kỳ thí nghiệm vật lý nào để xác định xem một hệ đang đứng yên hay chuyển động thẳng đều. Đó là sự mở rộng của nguyên lý tương đối Galilê đã được thừa nhận và nghiệm đúng trong cơ học. Nói như thế có nghĩa là không có hiện tượng vật lý nào cho phép ta phát hiện được chuyển động quán tính, phát hiện được không gian tuyệt đối và chuyển động tuyệt đối. Thí nghiệm Maikenxơn không ghi nhận được gió ête vì trong thực tế, không có ête vũ trụ, không có không gian tuyệt đối. Có thể nói rằng: Thuyết tương đối Anhstanh đã dứt khoát loại trừ khỏi khoa học những khái niệm không gian tuyệt đối và ête vũ trụ.

Theo tiên đề thứ hai của thuyết tương đối, vận tốc truyền của ánh sáng trong chân không là không đổi, nó không phụ thuộc phương truyền và chuyển động của nguồn sáng. Theo tiên đề này, ta có thể giải thích một cách dễ dàng kết quả của thí nghiệm Maikenxơn: Khi thay đổi các phương truyền ánh sáng thì vận tốc truyền ánh sáng vẫn không đổi, thời gian để tia sáng truyền từ nguồn sáng đến giao thoa kế cũng không đổi và do đó không có một lý do nào bắt buộc các vân giao thoa phải dịch chuyển. Nhưng nguyên lý này lại mâu thuẫn với lý thuyết cổ điển, mâu thuẫn với định lý cộng vận tốc quen thuộc của cơ học. Nếu ta thừa nhận rằng ánh sáng truyền trong ête vũ trụ giống như âm thanh truyền trong không khí thì không thể nào chấp nhận được nguyên lý về vận tốc không đổi của ánh sáng. Nhưng nếu ta xoá bỏ vai trò của ête vũ trụ, nếu ta coi ánh sáng là một cái gì tự nó truyền đi trong chân không mà không cần dựa vào một môi trường đàn hồi nào thì nguyên lý này không có gì mâu thuẫn cả.

Hai nguyên lý của thuyết tương đối hẹp mang tính chất của những tiên đề. Chúng ta không thể chứng minh chúng một cách chặt chẽ. Khi phát biểu những nguyên lý đó, Anhstanh đã dựa vào những kinh nghiệm tích luỹ được trong đời sống và trong khoa học và đã khái quát hoá chúng thành những nguyên lý. Từ những tiên đề đó, bằng phép lập luận lôgic và bằng toán học, Anhstanh đã rút ra được những hệ quả quan trọng, xây dựng thành một học thuyết chặt chẽ, một hệ thống lôgic nhất quán, không có mâu thuẫn bên trong. Nhưng phải mấy chục năm sau, kỹ thuật thực nghiệm mới cho phép kiểm tra lại những luận điểm của thuyết tương đối, khẳng định chúng và công nhận thuyết tương đối là một học thuyết phản ánh đúng thực tại khách quan.

Những hệ quả quan trọng mà Anhstanh đã có thể rút ra từ các tiên đề là :

a) Khi một vật chuyển động thì kích thước của nó theo phương chuyển động bị co lại $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ lần so với lúc nó đứng yên (v là vận tốc của vật, c là vận tốc ánh sáng trong chân không).

b) Thời gian trên một vật chuyển động trôi chậm hơn thời gian trên vật đó $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ lần khi nó đứng yên (và cũng chậm hơn $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ lần so với thời gian trên một vật đứng yên).

c) Khi một vật chuyển động, khối lượng của nó tăng lên $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ lần so với khối lượng khi nó đứng yên.

d) Giữa khối lượng m và năng lượng E của một vật, có hệ thức $E = mc^2$. Do đó, một vật đứng yên cũng có năng lượng tĩnh (hay : Năng lượng nghỉ): $E_0 = m_0c^2$ (m_0 là khối lượng tĩnh, hay khối lượng nghỉ của vật, khi nó đứng yên).

Vì vận tốc chuyển động v của các vật nói chung bao giờ cũng rất nhỏ so với vận tốc c của ánh sáng nên hệ số $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ là rất nhỏ.

Kỹ thuật thực nghiệm của đầu thế kỷ XX không cho phép phát hiện được những sự biến đổi rất nhỏ của độ dài, thời gian, khối lượng như thuyết tương đối đã kết luận. Vì vậy, trong thời gian đầu, thuyết Anhstanh không được mấy người hiểu và bị phê phán, chỉ trích rất kịch liệt. Chỉ tính từ 1905 đến 1924, người ta đã thống kê được khoảng 4000 tập sách, bài báo bàn về thuyết tương đối Anhstanh. Ngày nay, tình hình đã thay đổi hẳn. Không những khoa học hiện đại đã chứng minh sự đúng đắn của thuyết tương đối, không những thuyết tương đối đã trở thành một cơ sở không thể thiếu được của vật lý học thế kỷ XX mà còn trở thành một cơ sở của kỹ thuật hiện đại, khi các kỹ sư thiết kế những máy gia tốc, những lò phản ứng hạt nhân, những nhà máy điện nguyên tử... Trọng tâm của các cuộc tranh luận bây giờ chuyển sang việc giải thích ý nghĩa của thuyết tương đối, đánh giá nó về mặt nhận thức luận.

Thuyết tương đối Anhstanh mang một ý nghĩa mới rất lớn lao về mặt triết học và về mặt nhận thức luận, làm đảo lộn các quan niệm cổ điển về không gian, thời gian và chuyển động.

Trong thuyết tương đối, khoảng cách không gian và khoảng thời gian phụ thuộc vận tốc chuyển động của vật so với hệ quy chiếu coi là đứng yên (hệ "người quan sát"). Trong công thức biến đổi thời gian của thuyết tương đối

$$\left(t = \frac{t' + \frac{v}{c^2}x'}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \right)$$

lại có một số hạng biểu diễn toạ độ, tức là thời gian phụ thuộc toạ độ, phụ thuộc vị trí nơi ta đo thời gian. Điều đó có nghĩa là : Không gian và thời gian gắn liền với vật chất chuyển động và có liên hệ mật thiết với nhau. Mỗi một hệ vật chất chuyển động có không gian của mình và thời gian của mình. Quan niệm đó bác bỏ quan niệm về không gian tuyệt đối và thời gian tuyệt đối, tự nó tồn tại độc lập và không phụ thuộc gì vào vật chất. Như vậy, thuyết tương đối phủ nhận không gian tuyệt đối và thời gian tuyệt đối, và do đó cũng phủ nhận chuyển động tuyệt đối, phủ nhận sự tồn tại của ête vũ trụ với tư cách là vật quy chiếu tuyệt đối đứng yên trong không gian tuyệt đối. Thuyết tương đối Anhstanh là sự chứng minh về mặt vật lý học của luận điểm duy vật biện chứng cho rằng không gian và thời gian là những hình thức tồn tại của vật chất đang chuyển động.

Công thức $E = mc^2$ (công thức Anhstanh) cũng có lúc bị coi một cách sai lầm là công thức biến đổi khối lượng thành năng lượng, biến đổi vật chất thành năng lượng. Thực ra, công thức này nói lên sự tỷ lệ giữa khối lượng và năng lượng, với hệ số tỉ lệ bằng c^2. Một vật chuyển động có khối lượng bằng m thì mang năng lượng bằng E, và một vật đứng yên có khối lượng bằng m_0 cũng mang năng lượng bằng E_0. Công thức Anhstanh đã chỉ ra khả năng biến đổi một phần năng lượng tĩnh thành các dạng năng lượng khác, và đó chính là cơ sở lý thuyết của việc sử dụng năng lượng hạt nhân. Khối lượng là đặc trưng vật lý quan trọng nhất của vật chất, năng lượng là đặc trưng quan trọng nhất của sự vận động của vật chất, xét về mặt vật lý. Công thức Anhstanh nói lên về mặt vật lý sự gắn bó có quy luật giữa vật chất và vận động. Chúng ta không thể đồng nhất hoá khối lượng với vật chất và năng lượng với vận động. Nhưng công thức Anhstanh được coi là sự chứng minh về mặt vật lý học của luận điểm duy vật biện chứng cho rằng : Vật chất bao giờ cũng tồn tại trong vận động, không có vật chất nào không vận động và cũng không có sự vận động nào không phải là của vật chất.

Khi nói đến thuyết tương đối, người ta hay nghĩ nhiều đến những lượng tương đối, đến tính tương đối của khoảng cách, của thời gian, của khối lượng... Chính tên gọi của thuyết tương đối cũng gợi cho nhiều người cách suy nghĩ như vậy. Thực ra, việc phát hiện ra những lượng tương đối không phải là nội dung quan trọng nhất của thuyết tương đối. Trong thuyết tương đối cũng có những lượng tuyệt đối, những lượng bất biến quan trọng. Đó là vận tốc ánh sáng trong chân không (c), chiều dài riêng (l_0), thời gian riệng (t_0), khối lượng riêng (m_0), khoảng của hai biến cố (S). Thuyết tương đối cũng viết được những phương trình cơ bản của điện động lực học và của cơ học tương đối tính dưới dạng bất biến tương đối, tức là những dạng không biếm đổi khi ta chuyển từ hệ quán tính này sang hệ quán tính khác, những phương trình mà dạng toán học không phụ thuộc việc người quam sát chọn vật này hay vật khác làm vật quy chiếu. Như vậy, trong thuyết tương đối, từng đại lượng vật lý riêng lẻ có thể là tương đối và phụ thuộc người quan sát, nhưng quy luật vật lý là tuyệt đối và không phụ thuộc người quan sát. Đó mới là nội dung cơ bản nhất của thuyết tương đối. Nó thể hiện một tư tưởng chủ đạo quan trọng của Anhstanh trong khoa học. Anhstanh tin tưởng một cách vững chắc rằng : Mọi hiện tượng trong thiên nhiên đều diễn ra theo quy luật của thiên nhiên là khách quan, chặt chẽ, có hệ thống, con người hoàn toàn có thể hiểu được các quy luật đó, và nhiệm vụ cao cả nhất của vật lý học là tìm ra những quy luật cơ bản tổng quát nhất của thiên nhiên. Tư tưởng chỉ đạo đó đã chi phối toàn bộ hoạt động khoa học của Anhstanh. Nội dung tư tưởng lớn nhất của thuyết tương đối là chứng minh được rằng : Các quy luật vật lý chi phối thiên nhiên là tuyệt đối, là khách quan và không phụ thuộc người quan sát.

Anhstanh ngoài việc sáng tạo ra thuyết tương đối hẹp, thuyết tương đối rộng, còn là người cùng với Plăng sáng tạo ra thuyết lượng tử, mở đầu cho vật lý học hiện đại. Thật khó có nhà vật lý nào lại có sự suy nghĩ toàn diện và sâu sắc về nhiều lĩnh vực như Anhstanh.

Về vấn đề sáng tạo khoa học, Anhstanh viết như sau : "Bằng sơ đồ, tôi hình dung những vấn đề đó như sau(sơ đồ kèm theo):

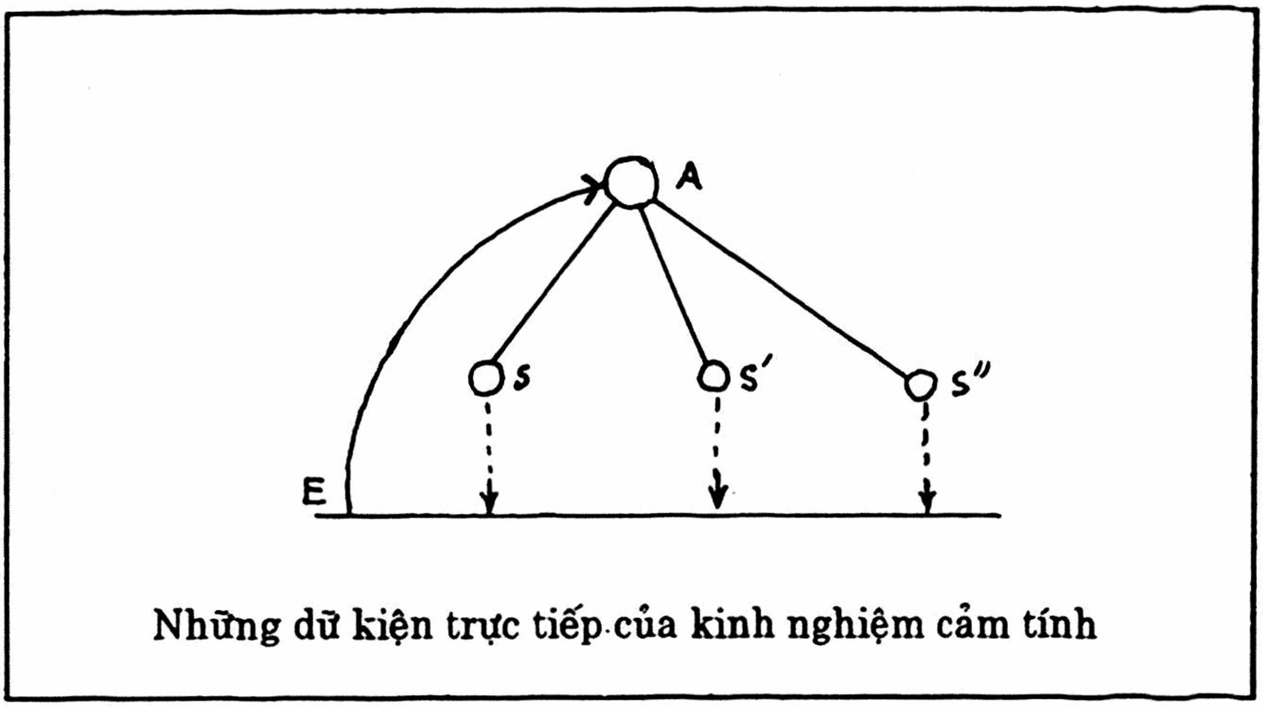
1. Chúng ta có các dữ kiện E, những dữ kiện trực tiếp của kinh nghiệm cảm giác của chúng ta.

2. A là những tiên đề mà từ đó, ta rút ra những kết luận. Về mặt tâm lý, A dựa trên cơ sở của E. Nhưng không có một con đường lôgic nào dẫn từ E tới A. Chỉ có một mối liên hệ trực giác (tâm lý) luôn luôn được tái diễn lại.

3. Từ các tiên đề A rút ra một cách lôgic những khẳng định bộ phận S với mức độ chặt chẽ cao.

4. Những khẳng định được đối chiếu với E (kiểm tra bằng thực nghiệm)".

Anhstanh là nhà vật lý lý thuyết vĩ đại, đã xây dựng được những lý thuyết tổng quát rất trừu tượng mà vài chục năm sau, người ta mới kiểm chứng được một phần bằng thực nghiệm. Tuy vậy, ông là người rất coi trọng thực nghiệm. Ông đã nhiều lần nói đến vai trò của thực nghiệm trong các công trình sáng tạo của mình.



Hình 1 . Chu trình nhận thức sáng tạo theo Anhstanh

Chẳng hạn, khi ông nói về những cơ sở của thuyết tương đối như sau :

Bây giờ chúng ta hãy liệt kê tất cả các sự kiện đã được kiểm tra đầy đủ bằng thực nghiệm :

1. Vận tốc ánh sáng trong chân không luôn có một giá trị tiêu chuẩn, không phụ thuộc vào chuyển động của nguồn hoặc của bộ phận thu ánh sáng.

2. Tất cả các định luật của tự nhiên là hoàn toàn giống nhau trong tất cả các hệ toạ độ chuyển động thẳng đều đối với nhau.

Thuyết tương đối bắt đầu từ hai tiên đề ấy.

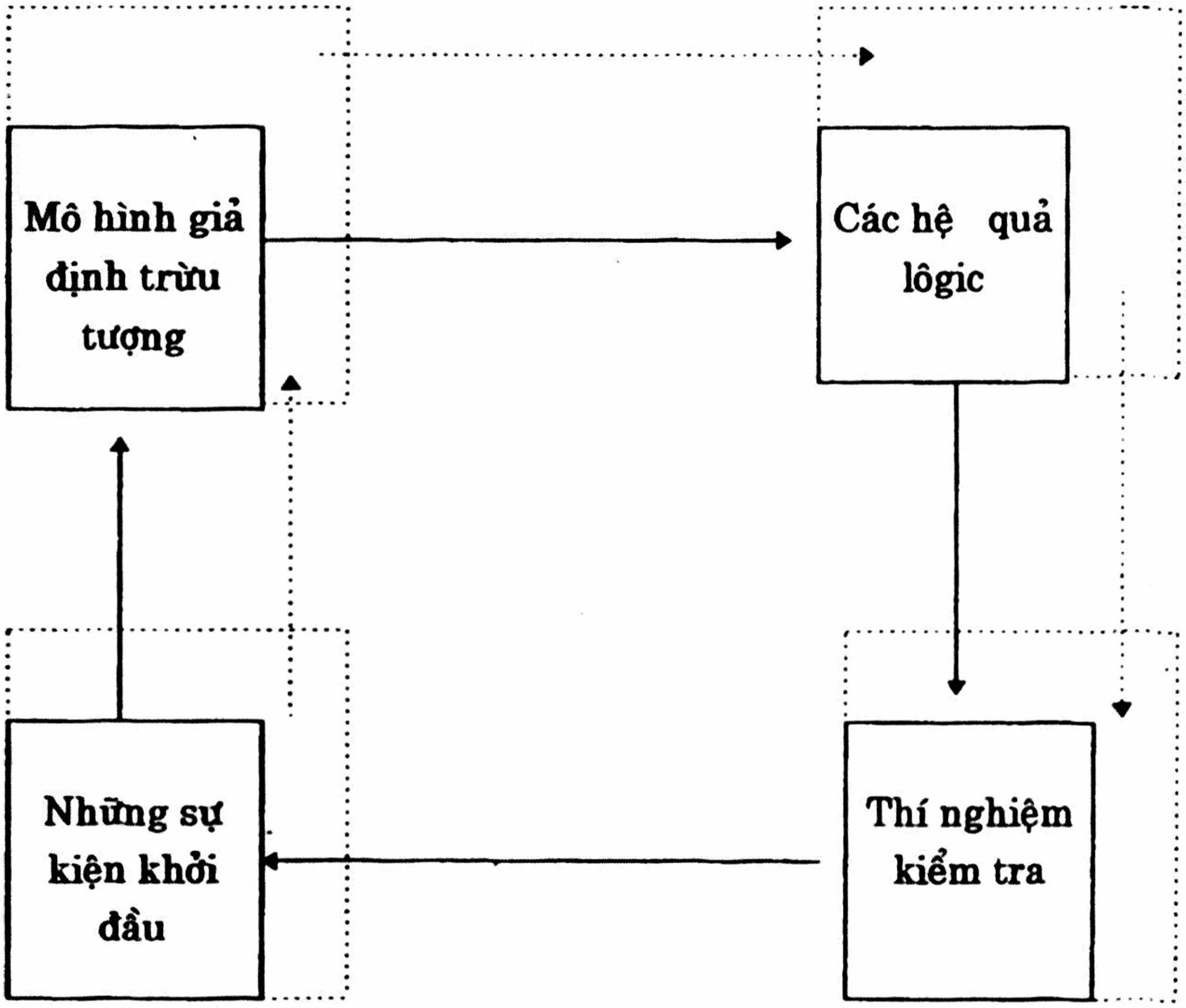
Đương nhiên, sau khi đã xác định được hai tiên đề ấy, Anhstanh phải thực hiện một loạt các phép biến đổi cực kỳ phức tạp mới đi đến được những kết luận có ý nghĩa thực tiễn như ta đã thấy. Theo quan điểm toán học thì thuyết tương đối rộng là một bộ phận khó nhất của vật lý học. Anhstanh đã nhiều lần phát biểu rằng : Các thành tựu của vật lý lý thuyết trong tương lai ngày càng phải dựa trên các mô hình toán học thuần tuý, chứ không thể diễn tả bằng các thuật ngữ vật lý trực quan. Trong phương pháp của Anhstanh, các tiên đề không phải là những giả thuyết, những dự đoán mà là những sự kiện đã được kiểm tra bằng thực nghiệm. Mọi người đều biết sự kiện đó nhưng không hiểu nguyên nhân của nó vì nó xảy ra trái hẳn với những quan niệm đã có từ trước. Anhstanh cho rằng: Nếu chấp nhận những sự kiện đó làm điểm xuất phát thì sẽ có thể suy ra những kết luận mới lạ. Quá trình suy luận đó không phải chỉ sử dụng những suy luận lôgic đơn giản mà phải dùng những công cụ toán học phức tạp. Ta thấy ngay rằng : Phương pháp của Anhstanh khó có thể áp dụng cho những người mới nghiên cứu vật lý, như học sinh trường phổ thông.

Những điều vừa trình bày trên cho thấy : Trong quá trình phát triển của vật lý học, các nhà khoa học không những đã khám phá ra nhiều định luật vật lý ngày càng phản ánh chính xác hơn các quy luật của tự nhiên mà còn sáng tạo ra nhiều phương pháp nhận thức có hiệu quả trong việc đi tìm chân lý. Bởi vậy, muốn dạy cho học sinh hoạt động nhận thức có hiệu quả cần phải dạy cho họ làm quen với các phương pháp nhận thức đó.

1.3.7. Tính chu trình của quá trình sáng tạo khoa học

Anhstanh, M. Plăng, M.Boocnơ, P.L.Kapisa và nhiều nhà vật lý nổi tiếng khác đều có những lời phát biểu giống nhau về quá trình sáng tạo khoa học. V.G. Razumôpxki đã khái quát hoá những lời phát biểu đó và trình bày quá trình sáng tạo khoa học dưới dạng chu trình gồm các giai đoạn chính sau đây (hình 2): Từ sự khái quát hoá những sự kiện đi đến xây dựng mô hình trừu tượng của hiện tượng (đề xuất giả thuyết), từ mô hình dẫn ra các hệ quả lý thuyết, rồi từ hệ quả lý thuyết đến kiểm tra bằng thực nghiệm: nếu những sự kiện thực nghiệm phù hợp với hệ quả dự đoán thì giả thuyết trở thành chân lý khoa học, một định luật, một thuyết vật lý và kết thúc một chu trình. Những hệ quả như thế ngày một nhiều, mở rộng phạm vi ứng dụng của các kết luận đã thu được. Cho đến khi xuất hiện những sự kiện thực nghiệm mới không phù hợp với thực nghiệm thì điều đó dẫn tới phải xem lại lý thuyết cũ, chỉnh lý lại hoặc phải thay đổi và như thế là lại bắt đầu một chu trình mới, xây dựng những kiến thức mới, thiết kế những máy móc mới để kiểm tra: bằng cách đó làm kiến thức khoa học ngày một phong phú thêm.

V.G.Razumôpxki cho rằng: Có thể xây dựng quá trình dạy học vật lý bao gồm bốn giai đoạn phù hợp với chu trình sáng tạo khoa học ở trên. Chu trình ấy được biểu diễn bằng hình 2, nó không khép kín mà mở rộng dần.


Mô hình giả định trừu tượng
Các hệ quả lôgic
Những sự kiện khởi đầu
Thí nghiệm kiểm tra

Hình 2 . Chu trình sáng tạo khoa học theo Razumôpxki

1.4. Những biện pháp đảm bảo cho học sinh tự lực hoạt động nhận thức có kết quả

1. 4.1. Sự khác nhau giữa hoạt động nhận thức của nhà khoa học và hoạt động nhận thức của học sinh

Học tập một môn khoa học nào đó thì tốt nhất là dùng chính phương pháp nhận thức của khoa học đó. Ta có thể tổ chức quá trình học tập của học sinh tương tự với quá trình nghiên cứu của các nhà khoa học. Nhưng thực chất hai quá trình đó có sự khác biệt rất lớn. Muốn thành công, phải chú ý xử lý những vấn đề sau đây có liên quan đến đặc điểm của học sinh và những điều kiện làm việc của họ :

a. Nhà khoa học phải tìm ra cái mới, giải pháp mới mà trước đây loài người chưa hề biết đến, còn học sinh thì tìm lại cho bản thân mình cái mà loài người đã biết, đặc biệt là giáo viên biết. Như vậy, việc học sinh khám phá ra những tính chất, định luật không phải để làm phong phú thêm cho kho tàng kiến thức của nhân loại mà là cho chính bản thân mình. Những kiến thức ấy họ có thể tìm thấy dưới dạng hoàn chỉnh có sẵn trong sách vở, tài liệu. Điều quan trọng là học sinh phải "tự khám phá lại" để tập làm cái công việc khám phá đó trong hoạt động thực tiễn sau này.

b. Về thời gian, nhà khoa học có thể để nhiều tháng, nhiều năm, thậm chí cả đời mình để khám phá một định luật, xây dựng một thuyết nào đó. Còn học sinh thì chỉ có thời gian rất ngắn trên lớp, thậm chí chỉ có mươi phút, nửa giờ.

c. Về phương tiện, nhà khoa học có thiết bị thí nghiệm, máy móc tinh vi, còn học sinh trong điều kiện của trường phổ thông chỉ có những dụng cụ sơ sài, đơn giản.

d. Điều đặc biệt quan trọng là hoạt động khoa học là hoạt động sáng tạo. Nhà khoa học thực hiện một bước nhảy vọt trong quá trình nhận thức tự nhiên. Ông ta phải tìm ra cái mà trước kia người ta chưa tìm thấy, nhận thấy cái mà trước kia nhân loại chưa nhận thấy và đó cũng là thực chất của hoạt động sáng tạo. Cơ chế của hoạt động sáng tạo diễn ra trong óc con người thế nào còn chưa được rõ. Ta không hy vọng có thể làm cho học sinh nhờ áp dụng phương pháp khoa học mà có được những sáng tạo lớn như nhà khoa học, chỉ muốn các em làm quen với cách suy nghĩ khoa học, tạo ra những yếu tố ban đầu của hoạt động sáng tạo.

Tập dượt cho học sinh vượt qua những khó khăn trong khi áp dụng phương pháp khoa học là một điều khó khăn cần đặc biệt quan tâm. Ở đây, chúng ta có thể vận dụng lý thuyết về "vùng phát triển gần" của Vưgôtxki. Ông cho rằng : Chỗ tốt nhất của sự phát triển của trẻ em là vùng phát triển gần. Vùng đó là khoảng cách giữa trình độ hiện tại của học sinh và trình độ phát triển cao hơn cần vươn tới. Nói một cách hình ảnh là chỗ trống giữa nơi mà con người phải giải quyết vấn đề đang đứng và nơi mà họ phải đạt đến và có thể thực hiện được với sự cố gắng nỗ lực của bản thân dưới sự giúp đỡ của người lớn hay của những người ngang hàng nhưng có khả năng hơn một chút. Không có con đường lôgic để vượt qua chỗ trống đó, nhưng hoàn toàn có khả năng thu hẹp chỗ trống đó đến mức thích hợp để mỗi người có thể thực hiện một bước nhảy vượt qua được. Tuy nhiên, cũng phải dũng cảm tự lực thực hiện một số lần (có thể thất bại), sau đó mới có kinh nghiệm thực hiện được mau lẹ, vững chắc hơn, thực hiện những bước nhảy xa hơn.

Năng lực nói chung và năng lực sáng tạo nói riêng không phải là bẩm sinh mà được hình thành và phát triển trong quá trình hoạt động của chủ thể. Bởi vậy, muốn hình thành năng lực học tập sáng tạo, phải chuẩn bị cho học sinh những điều kiện cần thiết để họ có thể thực hiện thành công hoạt động đó.

Những điều kiện đó là :

1.4.2. Đảm bảo cho học sinh có điều kiện tâm lý thuận lợi để tự lực hoạt động

a) Tạo mâu thuẫn nhận thức, gợi động cơ, hứng thú tìm cái mới, ta thường gọi là xây dựng tình huống có vấn đề. Hiện nay đã có khá nhiều tài liệu lý luận dạy học nói về các kiểu tình huống có vấn đề trong dạy học vật lý. Có thể gợi động cơ, hứng thú học tập bằng những tác động bên ngoài như khen thưởng, hứa hẹn một viễn cảnh tương lai tốt đẹp, nhưng quan trọng nhất, có khả năng làm thường xuyên và có hiệu quả bền vững là sự kích thích bên trong bằng mâu thuẫn nhận thức, mâu thuẫn giữa nhiệm vụ mới phải giải quyết và khả năng hiện có của học sinh còn bị hạn chế, chưa đủ, cần phải cố gắng vươn lên tìm kiếm một giải pháp mới, kiến thức mới. Việc thường xuyên tham gia vào giải quyết những mâu thuẫn nhận thức này sẽ tạo ra thói quen, lòng ham thích hoạt động trí óc có chiều sâu, tự giác, tích cực.

b) Tạo môi trường sư phạm thuận lợi

Học sinh lâu nay quen học thụ động, ít tự lực suy nghĩ; cho nên, trong thời gian đầu thường rụt rè, lúng túng, chậm chạp và phạm sai lầm khi thực hiện các hành động học tập. Giáo viên cần phải biết chờ đợi, động viên, giúp đỡ và lãnh đạo lớp học sao cho các học sinh mạnh dạn tham gia thảo luận, phát biểu ý kiến của riêng mình, nêu thắc mắc, lật ngược vấn đề chứ không chỉ chờ sự phán xét của giáo viên. Đặc biệt chú ý khắc phục tâm lý sợ mất nhiều thời gian. Hiện nay, trong một tiết học 45 phút thường giáo viên nói hết 35 - 40 phút, thời gian dành cho học sinh nói và tự lực làm việc quá ít. Cần phải kiên quyết dành nhiều thời gian hơn cho học sinh phát biểu, thảo luận, dần dần tốc độ suy nghĩ và phát biểu sẽ nhanh lên.

1.4.3. Tạo điều kiện để học sinh có thể giải quyết thành công những nhiệm vụ được giao

Vì chúng ta chủ trương thường xuyên đặt học sinh vào vị trí chủ thể hoạt động nhận thức cho nên sự thành công của họ trong việc giải quyết vấn đề học tập có tác dụng rất quan trọng làm cho họ tự tin hứng thú, mạnh dạn suy nghĩ để giải quyết những vấn đề ngày càng khó hơn. Thực tế dạy học cho biết: Nhiều học sinh tuy không kém thông minh nhưng vì không có kỹ năng, kỹ xảo cần thiết nên thất bại nhiều lần, không được giúp đỡ kịp thời trở thành tự ti, rụt rè, rối trí mỗi khi được giao nhiệm vụ. Để khắc phục tình trạng trên, có thể thực hiện các biện pháp sau đây:

a) Lựa chọn một lôgic nội dung bài học thích hợp

Phân chia bài học thành những vấn đề nhỏ vừa với trình độ xuất phát của học sinh sao cho họ có thể tự lực giải quyết được với sự cố gắng vừa phải. Hiện nay, chương trình vật lý ở trường phổ thông khá nặng, nhiều khi giáo viên thuyết trình cũng không đủ thời gian, nếu để cho học sinh tự lực hoạt động để chiếm lĩnh kiến thức thì còn tốn thời gian hơn. Bởi vậy, các cơ quan chỉ đạo, làm chương trình trước mắt cần phải kiên quyết giảm nhẹ nội dung kiến thức để dành thì giờ rèn luyện cho học sinh năng lực tự lực hoạt động sáng tạo. Về phía các giáo viên, không thể làm tràn lan, kiến thức nào cũng giao cho học sinh tự lực xây dựng, chiếm lĩnh. Cần phải có sự lựa chọn kỹ lưỡng một số vấn đề vừa sức và xác định mức độ mà học sinh có thể tham gia trong việc giải quyết từng vấn đề cụ thể.

b) Rèn luyện cho học sinh kỹ năng thực hiện một số thao tác cơ bản bao gồm thao tác chân tay và thao tác tư duy. Trong học tập vật lý, những thao tác chân tay phổ biến là : Quan sát, sử dụng các thiết bị để đo lường một số đại lượng cơ bản, lắp ráp thí nghiệm... Những thao tác tư duy hay dùng là phân tích, tổng hợp, so sánh, khái quát hoá, trừu tượng hoá, cụ thể hoá... Những thao tác chân tay thì có thể huấn luyện tương đối nhanh, việc hướng dẫn của giáo viên không mấy khó khăn. Còn những thao tác tư duy thì đặc biệt khó khăn vì giáo viên không quan sát được quá trình học sinh thực hiện. Cách hướng dẫn có hiệu quả là giáo viên đưa ra những câu hỏi mà muốn trả lời được, học sinh phải thực hiện một vài thao tác nào đó. Căn cứ vào kết quả trả lời mà biết được học sinh thực hiện đúng hay không đúng. Nếu học sinh chưa trả lời được đúng thì giáo viên phải đưa ra những câu hỏi đơn giản hơn, đòi hỏi phải thực hiện ít thao tác hơn. Cứ như thế làm thường xuyên, nhiều lần, học sinh sẽ tích luỹ được kinh nghiệm, thực hiện đúng và nhanh.

c) Cho học sinh làm quen với các phương pháp nhận thức vật lý được sử dụng phổ biến

Trong học tập vật lý, một mặt học sinh phải quan sát thực tế để cảm nhận được sự tồn tại của thực tế khách quan và những đặc tính bên ngoài của nó nhờ các giác quan. Mặt khác, học sinh phải thực hiện các phép suy luận, biến đổi trong óc để rút ra những đặc tính bản chất và những mối quan hệ phổ biến khách quan, nhờ thế mà tìm ra chân lý mới. Trình tự hợp lý của những hành động vật chất và tinh thần đảm bảo cho kết luận cuối cùng rút ra được phản ánh đúng thực tế khách quan gọi là phương pháp nhận thức vật lý. Các phương pháp nhận thức vật lý là do nhiều nhà bác học đúc kết được qua hoạt động thực tiễn, đã được thực tiễn khẳng định. Muốn cho học sinh làm quen dần với phương pháp đi tìm chân lý mới trong quá trình học tập, nhất thiết phải dạy cho họ các phương pháp nhận thức phổ biến. Xu hướng hiện đại trên thế giới ngày nay coi kiến thức về phương pháp hoạt động là một loại kiến thức cơ bản quan trọng, kiến thức công cụ. Bởi vậy, người ta chủ trương giới thiệu cho học sinh một cách tường minh nội dung của một số phương pháp nhận thức. Tuy nhiên, việc vận dụng các phương pháp đó để nghiên cứu một hiện tượng, một tính chất, một định luật vật lý là một việc không dễ dàng, ngay trong nghiên cứu khoa học cũng phải mất nhiều công sức, thời gian. Bởi vậy, trong nhà trường, chúng ta cố gắng cho học sinh biết người ta phải thực hiện những hành động nào, trải qua những giai đoạn nào trên con đường đi tìm chân lý; còn tuỳ theo trình độ học sinh, các điều kiện cụ thể của nhà trường mà tổ chức cho học sinh tham gia trực tiếp một số giai đoạn của các phương pháp nhận thức đó.

Trong trường phổ thông hiện nay, những phương pháp nhận thức vật lý phổ biến hay dùng là : Phương pháp thực nghiệm, phương pháp tương tự, phương pháp mô hình, phương pháp thí nghiệm lý tưởng .

Trong khi áp dụng các phương pháp nhận thức vật lý, ta thường phải phối hợp sử dụng các phương pháp suy luận lôgic như phân tích, tổng hợp, qui nạp, diễn dịch... Những phương pháp suy luận lôgic này được sử dụng trong tất cả các giai đoạn của quá trình nhận thức nên giáo viên cần chú ý rèn luyện cho học sinh thường xuyên.

CHƯƠNG 2

RÈN LUYỆN CHO HỌC SINH KỸ NĂNG THỰC HIỆN CÁC THAO TÁC TƯ DUY VÀ CÁC SUY LUẬN LÔGIC

2.1. Những thao tác tư duy và phương pháp suy luận lôgic chủ yếu thường dùng trong học tập vật lý

Như ta đã biết, học tập là hoạt động nhiều mặt của bản thân học sinh. Trong quá trình đó, họ phải thực hiện nhiều thao tác trí tuệ và chân tay, áp dụng nhiều phép suy luận lôgic. Chúng ta sẽ phân tích quá trình hoạt động nhận thức vật lý để xác định những thao tác tư duy và phép suy luận lôgic chủ yếu thường sử dụng. Sau đó, sẽ nghiên cứu phương pháp rèn luyện kỹ năng, kỹ xảo thực hiện những thao tác tư duy và phép suy luận đó, chuẩn bị cho học sinh hoạt động nhận thức có kết quả.

Quá trình nhận thức vật lý thường được phân chia làm hai trình độ: Nhận thức cảm tính và nhận thức lý tính.

Trình độ nhận thức cảm tính là quá trình phản ánh thực tiễn dưới dạng cảm giác (sự phản ánh vào nhận thức những tính chất riêng lẻ của sự vật và hiện tượng), tri giác (sự phản ánh các sự vật và hiện tượng về toàn bộ) và biểu tượng (sự tái hiện những cảm giác và tri giác đã thu nhận từ trước). Nhờ có cảm giác và tri giác mà thiết lập được mối liên hệ trực tiếp giữa nhận thức của con người với thế giới bên ngoài. Trong các biểu tượng đã xuất hiện các yếu tố của khái quát hoá nhưng sự hiểu biết cũng còn là trực quan và cụ thể.

Tác động của học sinh lên đối tượng (ví dụ như mắc mạch điện, đo các đại lượng vật lý, làm biến đổi các hiện tượng) cũng như quan sát các đối tượng, nhận biết các dấu hiệu lặp đi lặp lại nhiều lần, mô tả bằng lời diễn biến của hiện tượng là quan trọng đối với trình độ nhận thức cảm tính.

Trình độ nhận thức lý tính đôi khi còn được gọi là trình độ lôgic hay đơn giản gọi là tư duy. Tư duy là sự nhận thức khái quát và gián tiếp của con người những sự vật và hiện tượng của thực tế khách quan trong những tính chất, những mối liên hệ bản chất của chúng. Ở trình độ nhận thức đó, học sinh khái quát hoá các dữ kiện mà họ đã tiếp thu một cách cảm tính bằng cách hệ thống hoá chúng, đi đến thiết lập mối quan hệ giữa chúng, đi đến hiểu được mối quan hệ bản chất các hiện tượng nghiên cứu, thiết lập các định luật, phát triển các thuyết, rút ra những hệ quả của những thuyết đó có thể kiểm tra được bằng thực nghiệm.

"Một trong những hình thức quan trọng của tri thức khoa học vật lý là những khái niệm vật lý. Việc hình thành các khái niệm và việc thiết lập mối quan hệ giữa chúng được giải quyết trong quá trình thực hiện các thao tác trí tuệ phân tích, tổng hợp, so sánh, định nghĩa, trừu tượng hoá, khái quát hoá, hệ thống hoá và cụ thể hoá" (M. Vunsơman. Phương pháp giảng dạy vật lý trong các trường phổ thông ở Liên Xô và CHDC Đức - NXB Giáo dục Hà Nội 1983).

Sự trừu tượng hoá, khái quát hoá và cụ thể hoá giữ vai trò chủ yếu nhất trong khi hình thành khái niệm mới ở học sinh, quá trình trừu tượng hoá diễn ra trên cơ sở phân tích, so sánh. Sự trừu tượng hoá cho phép rút ra những tính chất bản chất của sự vật, hiện tượng cần nhận thức và bỏ qua những tính chất không chủ yếu khác của nó. Việc tách ra những dấu hiệu bản chất của hiện tượng là giai đoạn cần thiết cho việc khái quát hoá. Chẳng hạn như : Khi nghiên cứu những trường hợp khác nhau của sự xuất hiện dòng điện cảm ứng, ta đặt ra câu hỏi : "Có cái gì chung trong tất cả những thí nghiệm đã làm ?". Bằng cách so sánh các thí nghiệm, phân tích các hiện tượng quan sát được, gạt bỏ những mặt không chủ yếu của các hiện tượng, tổng hợp tất cả những sự hiểu biết về hiện tượng, học sinh đi đến kết luận rằng: Nguyên nhân xuất hiện dòng điện cảm ứng trong khung dây kín là sự biến đổi từ thông qua khung dây đó. Sự cụ thể hoá cũng có vai trò quan trọng như sự trừu tượng hoá trong việc hình thành khái niệm vật lý. Nhờ cụ thể hoá mà phát hiện ra những biểu hiện trong thực tế của các trừu tượng khoa học.

Trong quá trình hình thành khái niệm, những suy luận phân tích và tổng hợp, quy nạp và diễn dịch luôn được sử dụng, giữa chúng có mối quan hệ hữu cơ. Trong bước đầu học tập vật lý, học sinh đi từ những kiến thức cảm tính cụ thể của các sự kiện, bằng phép qui nạp đi đến nhận thức những quy luật của tự nhiên, nghĩa là đi từ cụ thể đến trừu tượng. Để ứng dụng được những quy luật, những lý thuyết khái quát đã học vào giải quyết những vấn đề của thực tiễn, lại cần phải áp dụng phương pháp suy luận diễn dịch. Phép suy luận diễn dịch cho phép học sinh chuyển từ trừu tượng đến cụ thể, làm cho các khái niệm, quy luật trừu tượng có ý nghĩa thực tiễn. Trước thiên nhiên vô cùng phong phú và phức tạp, muốn tách được những mặt riêng biệt để nghiên cứu thì phải thực hiện phân tích, sau đó muốn có cái nhìn chung, khái quát lại phải thực hiện phép tổng hợp.

Những phân tích trên đây cho thấy: Trong quá trình hoạt động nhận thức vật lý, muốn cho hoạt động có kết quả, học sinh cần phải được rèn luyện kỹ năng kỹ xảo thực hiện các thao tác chân tay như tác động vào đối tượng (làm thí nghiệm), bố trí các phép đo, và dùng các dụng cụ đo, sử dụng các mô hình, hình vẽ, biểu đồ và các thao tác tư duy như so sánh, khái quát hoá, trừu tượng hoá, định nghĩa, hệ thống hoá, cụ thể hoá. Đồng thời, học sinh cũng phải biết sử dụng các phương pháp suy luận như qui nạp, diễn dịch, phân tích, tổng hợp.

2.2. Phương pháp rèn luyện cho học sinh kỹ năng kỹ xảo thực hiện các thao tác tư duy và suy luận lôgic

Những phân tích ở trên cho thấy: Những thao tác tư duy và những suy luận lôgic được sử dụng thường xuyên trong quá trình học tập vật lý. Để cho hoạt động nhận thức vật lý đạt được kết quả và được thực hiện với tốc độ ngày càng nhanh thì giáo viên cần phải có ý thức rèn luyện cho học sinh có kỹ năng kỹ xảo thực hiện những thao tác tư duy và phương pháp suy luận đó. Việc rèn luyện này phải được thực hiện ngay từ những bước đầu tiên học tập vật lý.

Bàn về phương pháp rèn luyện tư duy lôgic cho học sinh, K. Liebers cho rằng : "Phát triển tư duy lôgic của học sinh là nhiệm vụ quan trọng của dạy học vật lý, nhưng điều đó không có nghĩa là trong quá trình nghiên cứu môn vật lý, học sinh cần phải lĩnh hội các khái niệm và các định luật của lôgic hình thức. Giáo viên cần phải nắm được những cái đó. Giáo viên tổ chức quá trình nhận thức của học sinh phù hợp với nội dung các khái niệm, các định luật nghiên cứu và phù hợp hoàn toàn với các qui luật lôgic". K. D. Usinski viết rằng : Việc chuẩn bị lý thuyết rành mạch cho thí nghiệm để kiểm tra giả thuyết và sự đánh giá thoả đáng những kết quả của nó làm phát triển tư duy lôgic của học sinh tốt hơn nhiều so với hàng trăm bài luyện tập viết về phạm trù lôgic (K.Liebers. Phương pháp giảng dạy vật lý trong các trường phổ thông ở Liên Xô và CHDC Đức. NXB Giáo dục năm 1983).

Theo quan điểm trên thì việc rèn luyện những kỹ năng kỹ xảo thực hiện các thao tác tư duy và suy luận lôgic hoàn toàn bằng con đường kinh nghiệm, làm thật nhiều lần trong các bài học. B. G.

Razynobski viết rằng : "Để dạy cho học sinh quan sát và khái quát hoá, phân tích và tổng hợp, sử dụng phép qui nạp và diễn dịch, áp dụng phép so sánh và phép loại tỉ, định nghĩa khái niệm và chứng minh định luật, cần phải hàng ngày bắt học sinh sử dụng các thao tác tư duy đó. Việc đó cần phải làm cả khi nghiên cứu tài liệu mới, khi củng cố tài liệu, khi ôn tập kiểm tra, khi tiến hành các thí nghiệm biểu diễn và thí nghiệm thực tập, khi giải các bài toán vật lý cũng như khi đi tham quan...".

Các thao tác tư duy diễn ra trong óc của giáo viên và học sinh. Học sinh không thể quan sát giáo viên thực hiện chúng như thế nào để bắt chước và giáo viên cũng không thấy được học sinh thực hiện như thế nào để uốn nắn, giúp đỡ. Vậy thì làm thế nào để dạy cho học sinh hoàn thành những thao tác tư duy đó một cách có hiệu quả như là dạy cho họ hoàn thành một công việc bất kỳ ?

Đối với học sinh phổ thông chưa có nhiều kinh nghiệm hoạt động tư duy, có thể sử dụng những cách làm như sau :

2.2.1. Giáo viên lựa chọn con đường hình thành những kiến thức vật lý phù hợp với các quy luật của lôgic học và tổ chức quá trình học tập sao cho trong từng giai đoạn xuất hiện tình huống bắt buộc học sinh phải thực hiện các thao tác tư duy và suy luận lôgic mới có thể giải quyết được vấn đề và hoàn thành được nhiệm vụ học tập

Con đường đó không phải là con đường thông báo những kiến thức dưới dạng đã có sẵn mà là con đường học sinh tự lực hoạt động để xây dựng nên những kiến thức mới. Những tình huống phổ biến trong đó học sinh bắt buộc phải thực hiện các thao tác tư duy là :

- Nhận biết những dấu hiệu biểu thị đặc tính của sự vật hiện tượng.

- Tìm những yếu tố ảnh hưởng đến diễn biến của hiện tượng hoặc gây ra một biến đổi trong tính chất của sự vật hiện tượng.

- Xác định yếu tố nào là yếu tố quan trọng nhất tác động đến diễn biến của hiện tượng, của tính chất sự vật ?

- Tìm những dấu hiệu giống nhau và khác nhau trong các sự vật, hiện tượng.

- Tìm dấu hiệu chung, tính chất chung của nhiều sự vật hiện tượng.

- Rút ra kết luận chung sau khi quan sát nhiều hiện tượng, nhiều thí nghiệm.

- Nhận biết những biểu hiện cụ thể trong thực tế của các khái niệm trừu tượng, những mối quan hệ thực chất.

- Tìm mối quan hệ nhân quả giữa các hiện tượng.

- Dự đoán sự diễn biến của hiện tượng.

- Giải thích một hiện tượng

- Bố trí một thí nghiệm để đo lường một đại lượng vật lý.

- Bố trí một thí nghiệm để kiểm tra một giả thuyết.

2.2.2. Giáo viên đưa ra những câu hỏi để định hướng cho học sinh tiến hành các thao tác tư duy và suy luận lôgic thích hợp trong mỗi tình huống cụ thể

Những câu hỏi phổ biến hay dùng là :

- Quan sát thấy hiện tượng diễn biến thế nào? qua những giai đoạn nào?

- Quan sát thấy một đại lượng vật lý, một tính chất của sự vật biến đổi như thế nào trong hiện tượng này, trong thí nghiệm này?

- Có gì giống nhau trong hai thí nghiệm này?

- Có gì khác nhau trong hai thí nghiệm này?

- Trong hai hoặc ba trường hợp quan sát được hiện tượng, có thể chỉ ra nguyên nhân chung nào không?

- Có thể rút ra kết luận gì chung sau khi khảo sát các trường hợp nói trên?

- Trong những điều kiện cụ thể đã cho, ta có thể dự đoán hiện tượng sẽ xảy ra như thế nào ? Căn cứ vào đâu mà dự đoán ?

- Hiện tượng đang xem xét tuân theo định luật nào? qui tắc nào?

- Giải thích vì sao hiện tượng lại xảy ra như thế?

- Cần phải bố trí thí nghiệm thế nào để tạo ra hiện tượng mong muốn?

- Giữa đại lượng A và đại lượng B có mối quan hệ thế nào trong hiện tượng này?

2.2.3. Giáo viên phân tích các câu trả lời của học sinh để chỉ ra được chỗ sai của học sinh trong khi thực hiện các thao tác tư duy, suy luận lôgic và hướng dẫn cách sửa chữa

Những sai lầm của học sinh thường do các nguyên nhân sau đây :

- Không nhận ra những dấu hiệu đặc trưng của sự vật, hiện tượng.

- Không phát hiện ra những biến đổi bên ngoài của các sự vật, hiện tượng.

- Không nhận biết được những dấu hiệu bên ngoài của sự vật, hiện tượng có quan hệ với các khái niệm trừu tượng nào của vật lý.

- Không phân biệt được những biến đổi có tính ngẫu nhiên và những biến đổi có tính quy luật.

- Không nắm được những khái niệm, những định luật cần thiết phải biết trước khi xây dựng một phán đoán hay một suy luận.

- Không thực hiện phép suy luận phù hợp với các quy tắc, quy luật của lôgic học.

Việc sửa chữa những sai lầm đó của học sinh cần phải làm một cách công phu, tỉ mỉ theo ba hướng :

- Bổ sung, ôn tập lại cho học sinh những kiến thức cần có đã được học.

- Tổ chức cho học sinh quan sát lại hiện tượng sau khi đã định hướng rõ hơn mục đích quan sát và kế hoạch quan sát.

- Yêu cầu học sinh phát biểu rõ từng giai đoạn của suy luận để phát hiện chỗ đúng, chỗ sai của từng giai đoạn.

2.2.4. Giáo viên giúp học sinh khái quát hoá kinh nghiệm thực hiện những suy luận lôgic dưới dạng một số qui tắc đơn giản

Như ở trên đã nói, trong mọi khâu của quá trình học tập vật lý có rất nhiều cơ hội để thực hiện các suy luận lôgic. Rõ ràng là không hợp lý và lãng phí thời gian nếu chúng ta để cho học sinh thực hiện hàng trăm, hàng ngàn lần những phép suy luận đó một cách mò mẫm, tuỳ tiện không có một quy tắc nào. Chúng ta không dạy cho học sinh một cách tường minh các thuật ngữ và qui tắc lôgic như luận ba đoạn, luận hai đoạn, qui nạp khoa học, phương pháp giống nhau duy nhất, khác nhau duy nhất... nhưng ở cấp học PTCS, trong học tập các môn khoa học, học sinh đã bắt đầu làm quen với các qui tắc, quy luật đặc thù dưới dạng đơn giản thì cũng hoàn toàn có khả năng cho họ làm quen với những qui tắc suy luận lôgic đơn giản được lặp lại rất nhiều lần. Với những hành động được lặp đi lặp lại nhiều lần, cần và có khả năng xây dựng được những định hướng hành động. Giáo viên cần chú ý đến những hình thức suy luận lôgic phổ biến sau đây trong học tập vật lý :

a) Qui nạp tìm nguyên nhân của hiện tượng :

Khi có hiện tượng A thì luôn luôn có hiện tượng B, khi không có A thì không có B, vậy A là nguyên nhân của B.

b) Qui nạp tìm mối quan hệ hàm số giữa hai đại lượng vật lý :

Cho một đại lượng tăng hai ba lần, xem đại lượng kia biến đổi thế nào ? (chẳng hạn giảm hai ba lần).

c) Diễn dịch dự đoán hiện tượng :

- Theo định luật (hay quy tắc) đã biết : Nếu có điều kiện A thì có hiện tượng B.

Ở đây có điều kiện A.

- Vậy sẽ có hiện tượng B

Rút gọn : Vì có điều kiện A nên sẽ xảy ra hiện tượng B.

d) Diễn dịch giải thích hiện tượng :

Trong vật lý học, giải thích một hiện tượng là nói rõ hiện tượng đó xảy ra là theo định luật nào, do tính chất nào của sự vật, hiện tượng chi phối.

- Theo định luật (hay tính chất) C đã biết : A là nguyên nhân duy nhất sinh ra hiện tượng B.

Ở đây có hiện tượng B .

- Vậy nguyên nhân của hiện tượng B là do có A.

Rút gọn : Nguyên nhân của hiện tượng B là vì có A.

e) Thông thường, một hiện tượng vật lý trong thực tiễn có thể do nhiều nguyên nhân đồng thời tác động hoặc là lần lượt tác động rất nhanh mà ta chỉ quan sát được kết quả cuối cùng. Như vậy, muốn giải thích hay dự đoán hiện tượng phức tạp đó, ta phải thực hiện một chuỗi nhiều phép suy luận lôgic hay một suy luận kép. Lúc đầu, cần phải hướng dẫn học sinh phân tích hiện tượng phức tạp thành những hiện tượng đơn giản và thực hiện từng phép suy luận đơn giản. Sau đó, khi đã quen rồi, có thể thực hiện các phép suy luận rút gọn hay làm tắt, hiểu ngầm một số giai đoạn của suy luận. Nhưng nếu học sinh phạm sai lầm thì bắt buộc phải làm tỉ mỉ, xét từng nguyên nhân, từng giai đoạn.

2.3. Sử dụng phương pháp phân tích - tổng hợp trong dạy học vật lý ở trường phổ thông

2.3.1. Nội dung của phương pháp phân tích - tổng hợp

- Định nghĩa : Phương pháp phân tích - tổng hợp là phương pháp nhận thức phân chia cái toàn bộ (đối tượng cần nhận thức) thành các yếu tố nhằm nhận thức cấu trúc của cái toàn bộ, chức năng của các yếu tố, các quy luật chi phối mối liên hệ giữa các yếu tố, rồi tập hợp những hiểu biết này để đi từ cái toàn bộ "không trong suốt", "không tách bạch" tới cái toàn bộ" trong suốt", "tách bạch". Như vậy, phương pháp phân tích - tổng hợp là phương pháp nhận thức chứa đựng hai thao tác tư duy đặc trưng là phân tích và tổng hợp.

Khái niệm "phân tích" được hiểu là sự phân chia cái toàn bộ (các sự vật, hiện tượng vật lý phức tạp) thành các yếu tố riêng lẻ (các bộ phận, các tính chất, các mối liên hệ) nhằm nhận thức bản chất của các yếu tố riêng lẻ, xác định vị trí, vai trò, chức năng của các yếu tố riêng lẻ trong cái toàn bộ.

Khái niệm "tổng hợp" được hiểu là sự liên kết các yếu tố riêng lẻ đã biết thành cái toàn bộ. Sản phẩm của sự tổng hợp không phải là cái toàn bộ lúc đầu nữa (trước khi phân tích) mà là cái toàn bộ đã được nhận thức tới các yếu tố, các mối liên hệ giữa các yếu tố trong sự thống nhất của chúng.

Tổng hợp không phải đơn giản là một phép cộng các yếu tố của cái toàn bộ, không phải là sự liên kết máy móc các yếu tố thành một chỉnh thể, mà là một sự liên kết xác định nhằm đem lại kết quả mới về chất, cung cấp một sự hiểu biết mới về cái toàn bộ. Ví dụ : Khái niệm vận tốc không phải đơn giản là một phép cộng lại khái niệm đường đi và khái niệm thời gian. Khái niệm vận tốc có bản chất mới, khác hẳn hai khái niệm trên, phản ánh một thuộc tính bản chất mới của vật chuyển động.

- Phân tích và tổng hợp là hai mặt của một quá trình tư duy thống nhất. Phân tích là cơ sở của tổng hợp, được tiến hành theo hướng dẫn tới tổng hợp. Sự tổng hợp diễn ra trên cơ sở phân tích. Phân tích và tổng hợp nhiều khi xen kẽ nhau. Phân tích càng sâu bao nhiêu thì sự tổng hợp càng trở nên đầy đủ bấy nhiêu, tri thức về sự vật, hiện tượng càng phong phú bấy nhiêu.

2.3.2. Các bước của phương pháp phân tích - tổng hợp

1) Khảo sát đối tượng cần nhận thức (vật thể, quá trình, trạng thái) một cách toàn bộ

Nếu đối tượng cần nhận thức là vật thể thì ta không chỉ khảo sát đối tượng ở hình thức bề ngoài của nó mà còn phải xem xét mục đích sử dụng và chức năng của đối tượng, dù rằng đối với một số vật thể (ví dụ : máy ảnh), học sinh đã biết nhiều về mục đích sử dụng của chúng.

2) Phân chia đối tượng cần nhận thức thành các yếu tố, các bộ phận, các tính chất, các mối liên hệ.

3) Tách các yếu tố cơ bản (bản chất) khỏi các yếu tố không cơ bản (không bản chất).

4) Tập hợp các yếu tố cơ bản (bản chất) thành một đối tượng trừu tượng. Ở bước này, mối liên hệ chức năng giữa các yếu tố cơ bản (bản chất) được làm rõ. Nếu đối tượng cần nhận thức là vật thể thì vẽ sơ đồ diễn tả hiệu quả phối hợp của các yếu tố này.

5) Khái quát hoá và tìm mối liên hệ có tính quy luật, rút ra quy luật hoạt động cho tất cả các đối tượng tương tự.

6) Kiểm tra sự khái quát hoá trên các đối tượng cùng loại nhưng không thuộc các đối tượng đã nghiên cứu.

Việc chỉ ra mục đích và chức năng của cái toàn bộ (ở bước 1) dẫn tới phải đi tìm các yếu tố cơ bản (bản chất) của cái toàn bộ (ở bước 2 và bước 3). Ở đây, những yếu tố không cơ bản (không bản chất) cho việc thực hiện chức năng của cái toàn bộ cũng được nhận thức rõ.

Các bước 5, 6 có ý nghĩa lớn đối với việc thu nhận kiến thức. Tuy nhiên, khi sử dụng phương pháp phân tích - tổng hợp, không phải trường hợp nào cũng cần phải tiến hành các bước này.

Qua việc liệt kê các bước của phương pháp phân tích - tổng hợp, thấy rõ: Chỉ có bước 2 là mang đậm đặc trưng "phân tích", còn các bước khác đều chứa đựng ít hoặc nhiều đặc trưng "tổng hợp".

2.3.3. Các ví dụ về việc sử dụng phương pháp phân tích - tổng hợp trong dạy học vật lý

Ví dụ 1 : Nghiên cứu "máy ảnh" ở lớp 12 PTTH

Các bước của phương pháp phân tích - tổng hợp	Máy ảnh
Xem xét đối tượng một cách toàn bộ	Học sinh làm quen và mô tả một máy ảnh, tìm hiểu công dụng của nó.
Phân chia đối tượng thành các yếu tố	- Máy ảnh được tháo rời thành các bộ phận. - Quan sát và nêu tên các bộ phận riêng lẻ. (Có thể sử dụng thêm các phương tiện trực quan khác : Các tranh ảnh, các mô hình vật chất)
Tách các yếu tố cơ bản (để cái toàn bộ đạt được mục đích sử dụng) ra khỏi các yếu tố không cơ bản	Các bộ phận cơ bản : - Một thấu kính hội tụ (vật kính) để tạo một ảnh quang học thật - Phim nhạy sáng thu ảnh trên - Buồng máy(buồng tối) để không cho ánh sáng ngoài lọt vào phim và tạo ra khoảng cách thích hợp từ thấu kính đến phim
Tập hợp các yếu tố cơ bản thành một đối tượng đã được trừu tượng hóa	Vẽ sơ đồ máy ảnh chỉ gồm các bộ phận cơ bản trên lên bảng

Khái quát hoá cho tất cả các đối tượng tương tự nhau. Tìm mối liên hệ có tính quy luật, nguyên tắc hoạt động chung	Thảo luận với học sinh về nguyên tắc hoạt động và về những đặc điểm cơ bản của các máy ảnh đã nghiên cứu Làm rõ chức năng của các bộ phận mà lúc đầu chưa được xem xét : Cửa sập (chắn trước phim, không cho ánh sáng chiếu liên tục lên phim), màn chắn có lỗ tròn đường kính thay đổi được (để điều chỉnh chùm ánh sáng chiếu vào phim), kính ngắm (để nhận biết ảnh trên phim rõ nét hay chưa), nút bấm
Kiểm tra các kết luận khái quát trên ở các đối tượng cùng loại nhưng không thuộc các đối tượng đã nghiên cứu	Nêu bật không những cái chung mà cả những cái đặc biệt của các máy ảnh khác : Máy ảnh phản xạ gương, máy ảnh có nhiều vật kính và nhiều phim, camêra dùng để ghi băng hình

Ví dụ 2 : Nghiên cứu lực tương tác giữa hai vật (định luật 3 Niutơn)

Sau khi đã khẳng định được rằng : Trong tự nhiên bao giờ cũng có tác dụng hai chiều : Nếu vật A tác dụng vào vật B một lực F_1 thì đồng thời B cũng tác dụng trở lại A một lực F_2 ngược hướng với F_1 , ta xét mối quan hệ giữa độ lớn của hai lực tương tác F_1 và F_2.

1. Quan sát các vật tương tác với nhau trong tự nhiên, ta thấy hiện tượng xảy ra khá phức tạp khiến cho ta khó có thể phán đoán được đúng mối quan hệ về độ lớn giữa hai lực tương tác. Một người dùng dao chém gỗ, gỗ đứt mà lưỡi dao còn nguyên, có vẻ như lực tác dụng của dao lên gỗ lớn hơn lực tác dụng của gỗ lên dao. Cũng người ấy cầm dao đó chém đá lại thấy: Dao bị quằn lưỡi, còn đá chỉ hơi bị xước, ở đây hình như đá tác dụng lên dao một lực lớn hơn lực của dao chém đá. Một ô tô đang chạy đâm phải một xe đạp, xe đạp bị bắn đi, còn ô tô hầu như vẫn bình thường, ít ai lại có thể nghĩ rằng: Trong trường hợp này, hai lực tương tác giữa ô tô và xe đạp bằng nhau. Con ngựa kéo xe, ngược lại xe cũng kéo ngựa, nhưng ngựa vẫn kéo được xe đi cùng chiều với nó, phải chăng là do ngựa đã kéo xe với một lực lớn hơn lực của xe kéo ngựa ? Ta luôn luôn thấy rằng : Hình như hai vật tương tác với các lực không bằng nhau, bằng chứng là chúng gây ra những kết quả khác nhau ở hai vật tương tác.

2. Quan sát kỹ hơn, ta thấy trong các ví dụ trên, kết quả của sự tương tác không phải chỉ do lực tương tác lớn hay nhỏ mà còn do bản chất của các vật tương tác khác nhau (cứng hay mềm, bắp thịt khoẻ hay yếu...) và không phải chỉ có hai vật tương tác với nhau mà còn có vật thứ ba tương tác với chúng (như mặt đất). Điều ta quan sát được thường xảy ra sau khi tương tác chứ không phải trong khi tương tác.

3. Muốn nghiên cứu quan hệ về độ lớn của các lực tương tác giữa hai vật, ta phải tìm cách loại bỏ ảnh hưởng của vật thứ ba (ví dụ : Giảm ma sát để cho hai vật không tác dụng được với mặt đất) hoặc chỉ xét đến kết quả trực tiếp của lực lên vật (là gây ra gia tốc). Cụ thể như trường hợp hai xe lăn chuyển động tương tác với nhau, ta cho hai xe chuyển động trên mặt phẳng ngang trơn nhẵn, coi như không có ma sát và đo lực bằng công thức F = ma (đo khối lượng và gia tốc của hai xe), nghĩa là dựa trên dấu hiệu bản chất của lực (gây ra gia tốc), không chú ý đến các đặc tính khác của hai vật tương tác.

4. Tiến hành thí nghiệm đo m và đo a để xác định hai lực tương tác bằng công thức $F_1 = m_1 a_1$ và $F_2 = m_2 a_2$.

5. Đo F_1 và F_2 theo phương pháp trên trong những điều kiện tương tác khác nhau : $m_1 \neq m_2$, va chạm mạnh hay yếu, vận tốc ban đầu của hai xe lớn hay nhỏ ... Trong bất kỳ trường hợp nào, cũng thấy hai lực F_1 và F_2 có giá trị bằng nhau : $m_1 a_1 = m_2 a_2$. Tổng hợp tất cả những khảo sát trên đi đến kết luận chung : Lực tương tác giữa hai vật luôn luôn là hai lực bằng nhau và ngược chiều.

6. Vận dụng kết luận tổng quát trên để giải thích những hiện tượng thực tế đã nêu ở trên. Khi chỉ xét hai vật tương tác thì định luật thứ ba của Niutơn luôn biểu hiện rõ. Nhưng khi có vật thứ ba thì phải xét lực tổng hợp của các lực do hai vật cùng tác dụng lên vật thứ ba, nghĩa là phải vận dụng một kiến thức phụ khác ngoài mối quan hệ giữa hai lực tương tác (tổng hợp lực). Muốn xét kết quả của sự tương tác, còn phải vận dụng các tính chất hoặc định luật khác (ví dụ: Định luật Húc $F = -kx$, định luật vạn vật hấp dẫn $F = G\dfrac{m_1m_2}{r^2}$), nghĩa là lại phải thực hiện một phép tổng hợp nữa.

Cần chú ý thêm là ngay ở bước 4 trên, ta không trực tiếp đo được a mà phải thực hiện một phép phân tích - tổng hợp như sau : Muốn đo a, ta phải dựa vào công thức $a = \dfrac{v_t - v_0}{t} = \dfrac{v_t}{t}$ (vì $v_0 = 0$, hai xe đứng yên trước khi tương tác). Trong điều kiện không có ma sát thì sau khi tương tác, hai xe chuyển động thẳng đều nên $v_t = \dfrac{s}{t}$. Ta không cần đo giá trị tuyệt đối của các gia tốc mà chỉ cần so sánh chúng. Có thể chọn thời gian bằng nhau. Ta có :

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{s_1}{s_2}.$$

Trong thí nghiệm, ta đo được s_1 và s_2, lập được tỉ số $\dfrac{s_1}{s_2}$.

Đem so sánh tỷ số này với tỷ số $\frac{m_2}{m_1}$, ta có : $\frac{m_2}{m_1} = \frac{s_1}{s_2}$.

Tổng hợp tất cả các phép đo và phân tích vừa rồi, ta đi đến kết quả :

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{s_1}{s_2} = \frac{a_1}{a_2} \quad \text{hay } m_1 a_1 = m_2 a_2.$$

Chú ý rằng: Trong khi sử dụng phương pháp phân tích- tổng hợp, ta còn phối hợp sử dụng các phương pháp khác như phương pháp qui nạp- diễn dịch, phương pháp thực nghiệm...

2.4. Sử dụng suy luận qui nạp trong dạy học vật lý ở trường phổ thông

2.4.1. Đặc điểm của suy luận qui nạp

Suy luận qui nạp là suy luận trong đó kết luận là tri thức chung được khái quát từ các tri thức ít chung hơn, hay đi từ cái riêng đến cái chung .

Tiền đề tất yếu của suy luận quy nạp là sự thừa nhận quy luật phát triển của thế giới khách quan. Sự tồn tại quy luật đó cho phép phát hiện cái riêng và do đó, phát hiện cái chung. Vì trong tự nhiên và xã hội, cái chung không tồn tại biệt lập, bên ngoài cái riêng, cái riêng tồn tại trong cái chung; cái chung tồn tại trong cái riêng, qua cái riêng, có nghĩa là cái chung biểu hiện trong các sự vật cụ thể. Nhưng để rút ra cái chung, cái có tính quy luật, con người không cần nghiên cứu tất cả các dữ kiện, mà chỉ cần nghiên cứu một phần dữ kiện. Ví dụ, phát hiện ở một số kim loại, chẳng hạn sắt, đồng, chì... có tính dẫn điện và dẫn nhiệt tốt, con người đi đến kết luận "Tất cả kim loại đều dẫn điện và dẫn nhiệt tốt".

Tiến trình tư tưởng trong suy luận quy nạp diễn ra theo sơ đồ :

A, B, C, D... có thuộc tính P.

A, B, C, D... thuộc lớp S.

Tất cả S có thuộc tính P.

Muốn thực hiện vững chắc suy luận quy nạp, cần tuân theo hai điều kiện:

- Kết luận của suy luận quy nạp là tin cậy, khi nó được khái quát hoá từ các dấu hiệu bản chất.
- Suy luận quy nạp chỉ được sử dụng khi các đối tượng là cùng loại, tương tự.

Suy luận quy nạp khác cơ bản suy luận diễn dịch ở những điểm sau :

- Kết luận của suy luận quy nạp được rút ra trên cơ sở tập hợp các tiên đề.
- Kết luận của suy luận quy nạp có thể rút ra với tất cả các tiên đề phủ định.
- Mọi tiên đề của suy luận quy nạp là các phán đoán đơn nhất và riêng.
- Kết luận của suy luận quy nạp là xác suất, không hoàn toàn chắc chắn ngay cả khi các tiên đề là chân thực. Vì thế, suy luận quy nạp có giá trị nhận thức lớn. Quy nạp không chỉ nhắc lại giản đơn những điều đã có trong các tiên đề mà luôn dẫn đến những điều mới mẻ, làm giàu thêm cho khoa học.

Suy luận quy nạp (quy nạp) bao gồm quy nạp hoàn toàn và quy nạp không hoàn toàn.

2.4.2. Quy nạp hoàn toàn

Quy nạp hoàn toàn là suy luận, trong đó kết luận chung về lớp đối tượng nào đó được rút ra trên cơ sở nghiên cứu tất cả các đối tượng của lớp đó.

Ví dụ : Nghiên cứu sự vận động của mỗi hành tinh trong hệ mặt trời, người ta rút ra kết luận : Tất cả các hành tinh của hệ mặt trời đều quay xung quanh mặt trời theo ngược chiều quay của kim đồng hồ (nhìn từ cực bắc xuống hoàng đạo). Đương nhiên, kết luận này chỉ đúng với mỗi hành tinh của hệ mặt trời.

Để thực hiện quy nạp hoàn toàn, cần :

- Biết chính xác số lượng đối tượng của lớp sẽ nghiên cứu; số lượng đối tượng đó phải không lớn.

- Thấy rõ dấu hiệu sẽ khái quát thuộc về mỗi đối tượng của lớp.

Sự đồng nhất của các đối tượng nằm trong các tiên đề với toàn bộ lớp đối tượng là cơ sở để rút ra kết luận chung tương ứng với lớp đó, tức là cơ sở của quy nạp hoàn toàn. Kết luận chung đó chỉ tương ứng với mỗi đối tượng có trong các tiên đề. Quy nạp hoàn toàn ít được dùng trong khoa học vì không mở rộng được kết luận cho các đối tượng nằm ngoài các tiên đề.

2.4.3. Quy nạp không hoàn toàn

Quy nạp không hoàn toàn được áp dụng khi không thể nghiên cứu tất cả các đối tượng của một lớp nào đó, nhưng lại kết luận cho toàn bộ lớp đối tượng. Ví dụ: Khi nung nóng một số chất khí như nitơ, ôxy, hydrô, người ta thấy rằng thể tích của chúng tăng lên, nghĩa là chúng nở ra. Từ đó, kết luận rằng: Tất cả các chất khí đều nở ra khi nóng lên.

Sơ đồ của quy nạp không hoàn toàn :

S_1 là P

S_2 là P

.....

S_n là P

$S_1, S_2, \ldots S_n$ là một phần lớp S

Tất cả S là P.

Quy nạp không hoàn toàn mở rộng tri thức của chúng ta từ cái đã biết đến cái chưa biết. Nó cho phép dựa vào số lượng giới hạn đối tượng để rút ra kết luận về thuộc tính và tính quy luật của số lượng vô hạn đối tượng. Thuộc tính này của quy nạp không hoàn toàn có giá trị đặc biệt trong khoa học. Nó là điều kiện tất yếu của quá trình nhận thức quy luật của tự nhiên, xã hội.

Quy nạp không hoàn toàn được chia ra : Quy nạp phổ thông và quy nạp khoa học.

2.4.3.1. Quy nạp phổ thông

Quy nạp phổ thông là sự khái quát, trong đó nhờ liệt kê dấu hiệu lặp lại ở một số đối tượng của một lớp nào đó, người ta đi đến kết luận dấu hiệu lặp lại có trong toàn bộ các đối tượng của lớp ấy.

Quy nạp phổ thông còn được gọi là quy nạp thông qua liệt kê đơn giản khi không gặp những trường hợp mâu thuẫn. Nếu trong số các trường hợp nghiên cứu dù chỉ gặp phải một trường hợp mâu thuẫn thì kết luận của nó là không chắc chắn. Kết luận sẽ bị bác bỏ hoặc phải thay đổi.

Ví dụ : Từ thế hệ này sang thế hệ khác, quan sát các hiện tượng tự nhiên, con người rút ra kết luận "vật nặng rơi nhanh hơn vật nhẹ".

Sự lặp lại các dấu hiệu như nhau trong đó không gặp mâu thuẫn là cơ sở khách quan của quy nạp phổ thông. Nhưng sự không tồn tại mâu thuẫn trong thực nghiệm chưa đủ đảm bảo cho sự không tồn tại mâu thuẫn trong hiện thực. Có trường hợp, nếu tiếp tục trong thời gian dài, lại gặp mâu thuẫn, và như vậy kết luận trở thành không chắc chắn. Ví dụ : Quan sát kỹ, ta thấy có trường hợp vật nhẹ rơi nhanh hơn vật nặng như nửa tờ giấy vo viên lại rơi nhanh hơn cả tờ giấy để phẳng.

Những sai lầm như vậy gọi là "khái quát hoá vội vàng". Để nâng cao mức độ tin cậy của kết luận và tránh sai lầm trong quy nạp phổ thông, cần phải :

- Nghiên cứu một số lượng lớn trường hợp có thể xảy ra.
- Đa dạng hoá các trường hợp nghiên cứu.
- Lấy các dấu hiệu bản chất để khái quát hoá.

2.4.3.2. Quy nạp khoa học

Quy nạp khoa học là quy nạp trong đó kết luận về toàn bộ một lớp đối tượng được rút ra trên cơ sở các dấu hiệu bản chất tất yếu hay mối liên hệ tất yếu của các đối tượng trong lớp đó.

Các dấu hiệu bản chất tất yếu là các dấu hiệu chung, vốn có quy định sự tồn tại của tất cả các đối tượng trong một lớp xác định. Nếu chứng minh chắc chắn rằng: Dấu hiệu nào đó là dấu hiệu bản chất tất yếu của một phần đối tượng trong lớp thì chúng ta có thể kết luận dứt khoát dấu hiệu ấy thuộc về toàn bộ lớp đối tượng.

Ví dụ : Nghiên cứu một số vật trên mặt đất và một số hành tinh của hệ mặt trời, Niutơn thấy rằng những vật ấy từng đôi một hút lẫn nhau bằng một lực tỉ lệ với khối lượng của chúng và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng. Ông rút ra kết luận chung là tất cả các vật có khối lượng đều hút lẫn nhau bằng lực hấp dẫn.

Trong khoa học, người ta hay sử dụng quy luật dựa trên các mối liên hệ tất yếu giữa các sự vật và hiện tượng. Đó chính là mối liên hệ nhân quả.

Mối liên hệ nhân quả là mối liên hệ khách quan giữa hai hiện tượng, khi một hiện tượng là nguyên nhân kéo theo hiện tượng thứ hai là hệ quả. Mối liên hệ nhân quả là vốn có của các sự vật và hiện tượng.

Nó mang đặc trưng khách quan, phổ biến, tất yếu, kế tiếp theo thời gian. Mỗi hiện tượng đều có nguyên nhân và chính nó lại là nguyên nhân của hiện tượng khác. Hiện tượng sinh ra hiện tượng khác trong những điều kiện xác định gọi là nguyên nhân, các hiện tượng do nguyên nhân sinh ra gọi là hệ quả. Ví dụ: Việc "cung cấp nhiệt" cho thanh kim loại là nguyên nhân, còn "thanh kim loại nở ra" là hệ quả.

Một nguyên nhân có thể sinh ra nhiều hệ quả và ngược lại, một hệ quả có thể do nhiều nguyên nhân sinh ra. Đồng thời, giữa nguyên nhân và hệ quả có tác động với nhau trong những điều kiện nhất định. Vì vậy, cần phải nắm chắc mối quan hệ nhân quả giữa các hiện tượng và phải biết phân tích cả điều kiện xác định trong đó các hiện tượng tác động qua lại với nhau. Có như vậy mới phân biệt được các hiện tượng kế tiếp theo thời gian (như hoa và quả) với các hiện tượng nằm trong mối liên hệ nhân quả và tránh được sai lầm lôgic gọi là "sau cái đó là hệ quả của cái đó".

Để phát hiện mối liên hệ nhân quả, phải sử dụng quan sát khoa học và thí nghiệm để thu thập thông tin, những dấu hiệu của sự vật hiện tượng.

Quan sát là nghiên cứu khoa học trong những điều kiện tự nhiên một hiện tượng nào đó, không có sự can thiệp tích cực của con người vào quá trình phát triển của hiện tượng.

Quan sát hiện tượng có nghĩa là chú ý tới mọi biểu hiện của nó để có thể mô tả tỉ mỉ các dấu hiệu tương ứng với mục đích đặt ra. Trong khi quan sát, các cơ quan cảm giác của con người không thể đảm bảo ghi nhận được hết các dấu hiệu của sự vật hay hiện tượng. Cho nên, con người phải sử dụng máy móc, dụng cụ để ghi nhận đầy đủ, chính xác quá trình xảy ra trong sự vật, hiện tượng quan sát. Những dữ kiện ghi được trong khi quan sát được biểu thị bằng các phán đoán và đó là tiên đề của suy luận quy nạp.

Thí nghiệm là tạo lại hay biến đổi hiện tượng nào đó nhằm mục đích nghiên cứu nó trong những điều kiện thuận lợi hơn. Điều đó có nghĩa là: Nhà nghiên cứu có thể thay đổi những điều kiện trong đó hiện tượng diễn ra, đôi khi phải tách nó ra khỏi ảnh hưởng của những điều kiện khác, khi cần thiết phải tạo lại nhiều lần trong những điều kiện lý tưởng.

Thí nghiệm ưu điểm hơn quan sát ở chỗ: Nó cho phép nhà nghiên cứu tham gia tích cực vào quá trình diễn ra của hiện tượng nghiên cứu, cho phép tạo lại hiện tượng đó, nếu cần, cho phép trình bày những dữ kiện phức tạp thành những dữ kiện đơn giản hơn. Thí nghiệm khác với quan sát ở chỗ, nó đem lại khả năng nghiên cứu hiện tượng dưới dạng "thuần khiết" tránh khỏi những cái ngẫu nhiên và do đó phát hiện mối liên hệ qua lại tất yếu, mối liên hệ nhân quả.

Quan sát và thí nghiệm đòi hỏi nghiên cứu tỉ mỉ hiện tượng, những dữ kiện phải đầy đủ, chính xác, có cơ sở thực tế. Chỉ có những dữ kiện đã được chứng minh, có cơ sở thực tế mới có thể rút ra kết luận đúng đắn.

2.4.4. Quy nạp khoa học dựa trên những phương pháp thiết lập các mối liên hệ nhân quả

2.4.4.1. Phương pháp giống nhau duy nhất

Phương pháp giống nhau duy nhất là phương pháp tìm sự giống nhau trong sự khác biệt. Hiện tượng nghiên cứu xuất hiện trong những điều kiện khác nhau, nhưng lại có một điều kiện chung.

Điều kiện chung này có thể là nguyên nhân của hiện tượng đó, vì hiện tượng giống nhau không thể do nguyên nhân khác nhau đưa lại.

Phương pháp này có thể diễn đạt như sau : Nếu hai hay nhiều trường hợp của hiện tượng nghiên cứu chỉ giống nhau ở một điểm thì điểm đó có thể là nguyên nhân của hiện tượng ấy.

Sơ đồ biểu thị của phương pháp này :

a) Hiện tượng "a" xuất hiện trong các điều kiện A, B, C.

b) Hiện tượng "a" xuất hiện trong các điều kiện A, D, M.

c) Hiện tượng "a" xuất hiện trong các điều kiện A, K, P.

Có thể : A là nguyên nhân của hiện tượng "a".

Kết luận của phương pháp giống nhau là kết luận xác suất. Mức độ xác suất của kết luận phụ thuộc vào số trường hợp được xem xét (càng nhiều càng tốt), vào sự phân tích sâu sắc các hoàn cảnh xảy ra trước, vào sự lựa chọn đúng đắn các hoàn cảnh đó (tốt nhất là, sự giống nhau chỉ biểu hiện ở một hoàn cảnh), vào sự khác nhau của các hoàn cảnh phân tích (khác nhau càng nhiều, mức độ xác suất của kết luận càng cao), vào đặc điểm của tri thức nằm trong các tiên đề (nếu tiên đề là xác suất sẽ làm giảm mức độ xác suất của kết luận). Phương pháp này được áp dụng khi không thể loại bỏ được điều kiện giống nhau ,vì điều kiện giống nhau thuộc bản chất sự vật.

Phương pháp giống nhau được sử dụng để nghiên cứu các hiện tượng có thể nghiên cứu trong các điều kiện tự nhiên, nhưng không thể tạo lại bằng thí nghiệm. Đây chính là hạn chế của phương pháp giống nhau duy nhất.

2.4.4.2. Phương pháp khác biệt duy nhất

Phương pháp khác biệt duy nhất dựa trên cơ sở so sánh các trường hợp khi hiện tượng nghiên cứu xảy ra và không xảy ra. Cả hai trường hợp đó phải xem xét trong những điều kiện như nhau, trừ một điều kiện. Điều kiện bị loại trừ tồn tại trong trường hợp hiện tượng xuất hiện và không tồn tại trong trường hợp hiện tượng không xuất hiện. Vì điều kiện như nhau không thể do những nguyên nhân khác nhau sinh ra, nên có thể kết luận: Điều kiện bị loại trừ là nguyên nhân (hay một phần nguyên nhân) sinh ra hiện tượng nghiên cứu.

Nội dung của phương pháp khác biệt là : Nếu hiện tượng xuất hiện và không xuất hiện trong những trường hợp khác nhau có những điều kiện như nhau, trừ một điều kiện, thì điều kiện bị loại trừ có thể là nguyên nhân (hay một phần nguyên nhân) của hiện tượng đó.

Sơ đồ của phương pháp này là :

a) Hiện tượng "a" xuất hiện trong những điều kiện A, B, C.

b) Hiện tượng "a" không xuất hiện trong những điều kiện B, C.

Có thể, A là nguyên nhân (hay một phần nguyên nhân) của hiện tượng "a".

Trong lập luận của phương pháp này, tiên đề thứ nhất nêu ra các điều kiện giả định nguyên nhân của các hiện tượng nghiên cứu. Nói cách khác, tiên đề thứ nhất nêu ra các giải pháp lựa chọn. Sau khi loại trừ những điều kiện không phù hợp với điều kiện đủ của đối tượng nghiên cứu ở tiên đề thứ hai sẽ còn lại một điều kiện là nguyên nhân hiện thực của đối tượng nghiên cứu. Cho nên, có thể coi phương pháp này là phương thức phủ định của suy luận phân biệt có điều kiện.

Ví dụ: Chúng ta biết rằng, trong không khí, các vật trọng lượng, thể tích, hình dạng khác nhau thì có vận tốc rơi khác nhau. Trong chân không, vận tốc rơi của các vật thể là như nhau. Khi tiến hành phân tích những điều kiện được đảm bảo như nhau trong mọi trường hợp, trừ một điều kiện có hay không có không khí. Do đó, có thể kết luận: Không khí là nguyên nhân làm cho các vật thể có vận tốc rơi khác nhau.

So với phương pháp giống nhau duy nhất, phương pháp khác biệt duy nhất có nhiều ưu điểm hơn. Thứ nhất, có thể tạo lại hiện tượng nghiên cứu bằng thí nghiệm: do đó, tin được vào sự đúng đắn hay không đúng đắn của kết luận sơ bộ về nguyên nhân của hiện tượng nghiên cứu. Thứ hai, phương pháp này chỉ cần hai lần nghiên cứu. Thứ ba, đôi khi nó có thể "tiên đoán" sự tồn tại điều kiện tạm thời chưa biết, nhưng điều kiện đó lại có thể là nguyên nhân của hiện tượng nghiên cứu. Vì vậy, phương pháp khác biệt đem lại mức độ xác suất cao và thường cho kết luận tin cậy.

Đôi khi, người ta dùng phương pháp khác biệt để kiểm tra phương pháp giống nhau. Chẳng hạn: Nếu trong những điều kiện A, B, C; A, D, M; A, K, P hiện tượng "a" xuất hiện thì A là nguyên nhân của hiện tượng "a". Để kiểm tra kết luận này, có thể loại trừ A khỏi các trường hợp nghiên cứu, nếu hiện tượng "a" không xuất hiện thì kết luận chắc chắn tin cậy.

2.4.4.3. Phương pháp biến đổi kèm theo

Phương pháp biến đổi kèm theo được diễn đạt như sau :

Nếu mỗi khi xuất hiện hay biến đổi hiện tượng nào đó dẫn đến sự xuất hiện hay biến đổi hiện tượng khác kèm theo hiện tượng ấy thì hiện tượng thứ nhất có thể là nguyên nhân của hiện tượng thứ hai.

Sơ đồ phương pháp này :

a) Hiện tượng "a" xuất hiện trong những điều kiện A, B, C

b) Hiện tượng "a_1" xuất hiện trong những điều kiện A_1, B, C

c) Hiện tượng "a_2" xuất hiện trong những điều kiện A_2, B, C

Có thể, A là nguyên nhân của hiện tượng "a".

Ví dụ: Trong những điều kiện bình thường, mỗi khi bị nung nóng vật thể sẽ nở ra : nung nóng càng lâu, thể tích của vật thể càng lớn, dù vật là bằng đồng, bằng sắt, bằng nhôm... hình cầu, hình trụ hay hình chóp, chỉ có thể tích là biến đổi theo nhiệt độ. Do đó, sự cung cấp nhiệt là nguyên nhân làm vật thể nở ra.

Phương pháp này được sử dụng khi không có khả năng tách nguyên nhân ra khỏi hệ quả ngay cả trong điều kiện thí nghiệm (ở ví dụ trên là sự không tách được thể tích và nhiệt độ của vật thể), cũng như trong các trường hợp khi mối liên hệ nhân quả của các hiện tượng đã được xác định bằng các phương pháp khác và đòi hỏi thiết lập sự phụ thuộc về số lượng giữa nguyên nhân và hệ quả.

Mức độ xác suất của kết luận theo phương pháp biến đổi kèm theo phụ thuộc vào số lượng điều kiện lựa chọn trong đó hiện tượng xảy ra, cũng như phụ thuộc vào sự biến đổi của một điều kiện duy nhất đảm bảo đạt đến chừng mực nào (điều kiện duy nhất được giả định là nguyên nhân).

2.4.4.4. Phương pháp loại trừ (phần dư)

Phương pháp loại trừ được diễn đạt như sau :

Nếu biết tất cả những điều kiện cần thiết của những hiện tượng nghiên cứu, trừ một điều kiện không là nguyên nhân của nó và một hiện tượng duy nhất, thì điều kiện bị loại trừ có thể là nguyên nhân của hiện tượng đó.

Sơ đồ của phương pháp này :

a) Các hiện tượng "a", "b", "c" xuất hiện trong những điều kiện A, B, C.

b) Hiện tượng "b" xuất hiện trong điều kiện B.

c) Hiện tượng "c" xuất hiện trong điều kiện C.

Có thể A là nguyên nhân của hiện tượng "a".

Ví dụ : Khi phân tích quang phổ hấp thụ của mặt trời, người ta nhận thấy rằng tất cả các vạch của quang phổ đó đều ứng với các vạch quang phổ của các nguyên tố hoá học đã biết, trừ một vạch màu vàng tươi không ứng với một nguyên tố hoá học đã biết, nghĩa là không rõ nguyên nhân và dự đoán nhất định phải có một nguyên tố hoá học nào đó chưa biết cho quang phổ đó. Về sau, quả nhiên người ta tìm thấy một chất khí ở trên mặt đất cho đúng quang phổ đó. Đó là chất khí Hêli.

2.4.5. Sự phát triển phương pháp quy nạp trong lịch sử vật lý

Phương pháp quy nạp đã có từ thượng cổ, nhưng đến năm 1620, Frenxit Bêcơn (1566 - 1620) mới trình bày thành một phương pháp có hệ thống, có giá trị nhận thức cao.

Khi đề ra phương pháp mới, Bêcơn nói "những người duy nghiệm (theo chủ nghĩa kinh nghiệm) giống như con kiến, chỉ biết thu lượm và sử dụng những cái đã thu lượm được. Những người giáo điều giống như con nhện, chỉ rút ruột mình để chăng tơ. Còn con ong thì khai thác nguyên liệu từ muôn hoa của vườn cây và đồng nội, nhưng lại biết chế biến nguyên liệu ấy bằng kỹ năng riêng của mình. Công việc chân chính của khoa học cũng giống như vậy. Khoa học không chỉ dựa và chủ yếu dựa vào sức lực của trí tuệ và không đưa vào nhận thức những nguyên liệu chưa chế biến rút ra từ lịch sử tự nhiên học và từ kinh nghiệm cơ học. Khoa học biến đổi những nguyên liệu ấy, nhào nặn chúng trong lý trí của con người".

Phương pháp mà Bêcơn đề ra là phương pháp quy nạp nhằm kết hợp chặt chẽ giữa thực nghiệm và lý luận để đi đến chân lý : Từ những sự kiện riêng lẻ đi đến những "tiên đề" nhỏ (tức là những định luật riêng); từ những "tiên đề nhỏ" đi đến những "tiên đề trung gian" (tức là những nguyên lý tổng quát hơn); cuối cùng đi đến những "tiên đề tổng quát nhất". Các định luật và các hệ quả của chúng đều phải được kiểm tra lại bằng thực nghiệm. Phương pháp của Bêcơn rất có hiệu quả và được những người sáng lập ra vật lý học thực nghiệm áp dụng. Nó gắn thực nghiệm với lý luận, nó chỉ ra con đường để đi từ những sự kiện thực nghiệm lẻ tẻ tới những quy luật tổng quát. Tuy nhiên, phương pháp quy nạp này có nhược điểm là không chỉ ra được con đường để đi từ những quy luật tổng quát đến những quy luật bộ phận, cụ thể, những hệ quả có thể kiểm tra được bằng thực nghiệm và có thể ứng dụng được trong đời sống và sản xuất.

2.5. Sử dụng suy luận diễn dịch trong dạy học vật lý ở trường phổ thông

2.5.1. Vai trò của suy luận diễn dịch trong nhận thức vật lý

Như ta đã thấy ở trên, trong quá trình nhận thức vật lý, bằng quy nạp, người ta đã rút ra được một số tri thức chung về đặc tính bản chất của các sự vật, hiện tượng, về mối quan hệ nhân quả, mối quan hệ khách quan có tính qui luật giữa chúng. Những tri thức chung đó rất trừu tượng, muốn sử dụng được chúng để phục vụ lợi ích của con người trong đời sống và sản xuất thì phải thấy được những biểu hiện của chúng trong thực tế, trong những hoàn cảnh cụ thể riêng biệt mà ta có thể kiểm nghiệm được. Phương pháp quy nạp không đáp ứng được yêu cầu này. Để khắc phục nhược điểm này, các nhà khoa học đã xây dựng phương pháp diễn dịch.

Đêcac (1596 - 1650) đề cao lý trí của con người. Ông chủ trương rằng việc nghiên cứu vật lý học nhằm mục đích làm cho con người trở thành người chủ của thiên nhiên. Khoa học phải và có thể hiểu biết được thiên nhiên một cách chính xác như chúng ta hiểu biết các nghề thủ công trong các xưởng thợ của chúng ta. Muốn như vậy, ta phải áp dụng toán học vào vật lý học, phải dùng một cách hoàn chỉnh hơn và chắc chắn hơn phương pháp của Aristôt trong lôgic học và của Ơclit trong hình học, nghĩa là xuất phát từ một số ít tiên đề có tính dĩ nhiên mà rút ra được những hệ quả, những kết luận đáng tin cậy. Đó là phương pháp diễn dịch mà Đêcac trình bày lần đầu tiên trong tác phẩm "Luận về phương pháp" (1637). Đêcac đã tóm tắt phương pháp của mình trong bốn quy tắc mà nội dung như sau :

Quy tắc thứ nhất : Hết sức tránh hấp tấp và định kiến, không thừa nhận là chân lý bất kỳ điều gì mà lý trí chưa thấy là sáng sủa, rõ ràng, đến mức không còn có thể nghi ngờ được nữa.

Quy tắc thứ hai : Phân chia vấn đề phải nghiên cứu ra nhiều phần nhỏ, có thể và cần phải chia ra bao nhiêu phần thì chia ra bấy nhiêu, để giải quyết được nó một cách tốt nhất.

Quy tắc thứ ba : Dắt dẫn tư duy một cách có trật tự, đi từ những cái đơn giản nhất, dễ nhận thức nhất, để dần dần bước lên từng bậc một đến những cái phức tạp nhất, và giả định một trật tự ngay cả đối với những cái mà trong tự nhiên không có trật tự như vậy, để có thể nghiên cứu chúng một cách thuận lợi.

Quy tắc thứ tư : Chỗ nào cũng liệt kê đầy đủ và điểm lại một cách rất tổng quát, để có thể chắc chắn là không bỏ sót một cái gì.

Phương pháp diễn dịch của Đêcac đòi hỏi sự vận dụng một cách mạnh mẽ toán học và lôgic học vào vật lý học. Khi nghiên cứu hình học Ơclit và thấy rõ rằng: Ơclit đã có thể dùng phương pháp chứng minh lôgic, đi từ những điều rất đơn giản, rút dần ra một chuỗi những kết luận chặt chẽ, để đạt tới những sự chứng minh phức tạp nhất. Đêcac tin rằng : Khi con người đủ thận trọng để khỏi lầm tưởng một điều sai là chân lý, và biết lý luận một cách chặt chẽ, có trật tự, thì không có một chân lý nào, dù xa xăm hay khó khăn đến đâu nữa, mà con người lại không có thể khám phá ra được. Đêcac không thừa nhận bất kỳ một uy quyền nào. Tư duy có quyền nghi ngờ mọi thứ, nghi ngờ mọi chân lý có vẻ như là đã dĩ nhiên. Cái duy nhất không đáng nghi ngờ là sự tồn tại của tư duy. Vì nếu không có tư duy thì cũng không thể nghi ngờ được. Lý trí con người chỉ thừa nhận là chân lý những điều đã được chứng minh một cách chặt chẽ và chắc chắn. Trong hoàn cảnh khoa học đang phải đấu tranh chống chủ nghĩa giáo điều, kinh viện, chống tôn giáo, tư tưởng đó của Đêcac là rất tiến bộ và mở đường cho sự giải phóng lý trí, cho sự phát triển tự do của lý trí, ngoài quyền thống trị của tôn giáo.

Phương pháp quy nạp và phương pháp diễn dịch là hai phương pháp có hiệu lực rất lớn trong nghiên cứu khoa học, chúng luôn luôn hỗ trợ lẫn nhau. Cần nói rõ rằng Frenxit Bêcơn và Đêcac không phải là những người đầu tiên phát minh ra các phương pháp đó. Các ông đã tổng kết, hệ thống hoá và phát triển phương pháp mà các nhà khoa học thực nghiệm đang vận dụng, mà Galilê, người đương thời đã vận dụng, nhưng chưa phát triển được thành hệ thống. Về sau này, nhiều nhà triết học và nhà khoa học khác đã tiếp tục nghiên cứu, bổ sung thêm để xây dựng phương pháp khoa học ngày càng hoàn chỉnh.

2.5.2. Những hình thức của suy luận diễn dịch thường dùng trong dạy học vật lý

Suy luận diễn dịch là một phần của lôgic hình thức, một khoa học đã có từ lâu đời nghiên cứu những tư tưởng của con người về mặt hình thức lôgic và xây dựng những qui luật, qui tắc mà việc tuân theo chúng là điều kiện cần để đạt được chân lý trong quá trình suy luận.

Suy luận diễn dịch là suy luận trong đó lập luận đi từ cái chung đến cái riêng, cái đơn nhất. Trong vật lý học, cái chung là những định nghĩa, định luật, quy tắc, thuyết mà ta đã thu được bằng con đường quy nạp; cái riêng là những sự vật, hiện tượng cụ thể, có những dấu hiệu cụ thể mà ta có thể quan sát được trong thực tế. Như vậy, suy luận diễn dịch thường được sử dụng để giải quyết hai vấn đề chính trong giai đoạn vận dụng kiến thức là : Giải thích một hiện tượng cụ thể đã biết và dự đoán sự diễn biến của hiện tượng trong những điều kiện cho trước.

Suy luận diễn dịch có rất nhiều hình thức và tuân theo một loạt những quy tắc phức tạp mà chúng ta chưa có thể dạy cho học sinh phổ thông một cách tường minh được. Tuy nhiên, giáo viên cần phải biết để có thể phát hiện những sai lầm của học sinh và hướng dẫn các em sửa chữa những sai lầm đó. Dưới đây, chúng ta hãy xét một số hình thức suy luận diễn dịch mà học sinh hay gặp trong học tập vật lý.

2.5.2.1. Luận ba đoạn nhất quyết đơn

Loại suy luận này thường được dùng để xác định xem một tính chất nào đó có thuộc về hay không thuộc về một đối tượng hay một lớp đối tượng cụ thể.

2.5.2.1.1. Cấu tạo chung, loại hình và phương thức

a) Cấu tạo chung

Luận ba đoạn nhất quyết đơn là suy luận diễn dịch gián tiếp trong đó kết luận được rút ra từ tiên đề. Hai tiên đề và kết luận là các phán đoán nhất quyết.

Luận ba đoạn nhất quyết đơn được biểu thị dưới dạng :

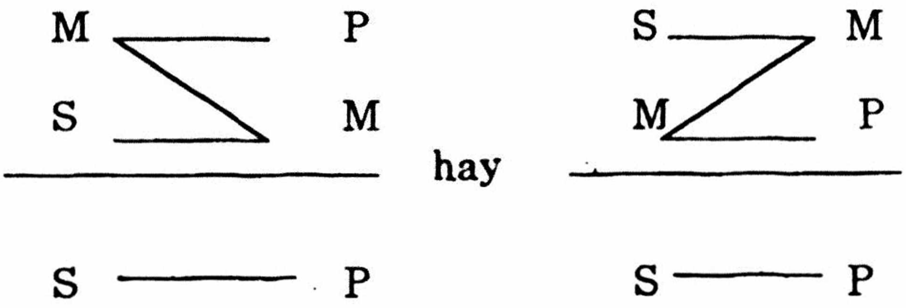
Tất cả kim loại có tính dẫn điện (1)
Đồng là kim loại (2)
Do đó, đồng có tính dẫn điện. (3)

Hai phán đoán (1) và (2) là hai tiên đề, phán đoán (3) là kết luận. Các khái niệm nằm trong các tiên đề và kết luận của luận ba đoạn gọi là các thuật ngữ của luận ba đoạn đó (kim loại, đồng, tính dẫn điện).

Khái niệm là chủ ngữ của kết luận gọi là thuật ngữ nhỏ và ký hiệu là S. Khái niệm là vị ngữ của kết luận gọi là thuật ngữ lớn và ký hiệu là P. Thuật ngữ lớn và thuật ngữ nhỏ gọi là thuật ngữ bên. Những thuật ngữ bên không những nằm trong kết luận mà còn nằm trong mỗi tiên đề. Tiên đề chứa thuật ngữ lớn gọi là tiên đề lớn (tiên đề (1)). Tiên đề chứa thuật ngữ nhỏ gọi là tiên đề nhỏ (tiên đề (2)).

Ngoài các thuật ngữ bên còn thuật ngữ thứ ba có trong hai tiên đề nhưng không có trong kết luận. Đó là thuật ngữ giữa và ký hiệu là M. Trong ví dụ trên, thuật ngữ giữa là "kim loại".

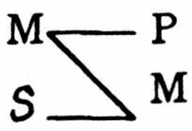
Sử dụng các ký hiệu có thể minh hoạ luận ba đoạn nhất quyết đơn bằng sơ đồ :



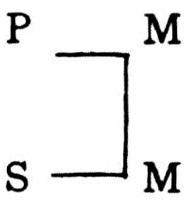
Thuật ngữ giữa là hạt nhân liên kết các thuật ngữ bên. Nhờ nó, chúng ta mới có thể rút ra kết luận từ hai tiên đề.

b) Các loại hình (còn gọi là các cách)

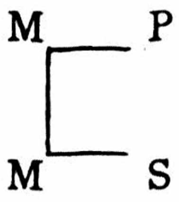
Căn cứ vào vị trí của thuật ngữ giữa (M) là chủ ngữ hay vị ngữ trong các tiên đề, luận ba đoạn nhất quyết đơn được chia làm bốn loại hình khác nhau :



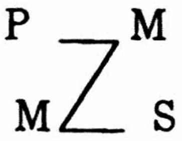
I



II



III



IV

Loại hình I : Thuật ngữ giữa là chủ ngữ trong tiên đề lớn và vị ngữ trong tiên đề nhỏ.

Loại hình II : Thuật ngữ giữa là vị ngữ trong hai tiên đề.

Loại hình III : Thuật ngữ giữa là chủ ngữ trong cả hai tiên đề.

Loại hình IV : Thuật ngữ giữa là vị ngữ trong tiên đề lớn và chủ ngữ trong tiên đề nhỏ.

c) Các phương thức (còn gọi là các thức)

Các dạng của luận ba đoạn nhất quyết đơn được phân biệt với nhau bằng chất lượng và số lượng của các tiên đề gọi là các phương thức.

Mỗi luận ba đoạn có hai tiên đề, mỗi tiên đề thuộc về một trong bốn dạng cơ bản sau đây :

- Phán đoán khẳng định chung, ký hiệu là A
- Phán đoán khẳng định riêng, ký hiệu là I
- Phán đoán phủ định chung, ký hiệu là E
- Phán đoán phủ định riêng, ký hiệu là 0.

Có tất cả $2^4 = 16$ cách kết hợp hai tiên đề. Đồng thời, mỗi luận ba đoạn có thể thuộc một trong bốn loại hình. Vì vậy, chúng ta có thể có tới 16 x 4 = 64 cách kết hợp. Ví dụ : AAA, AAI, AAO,..., AEA, AEI, AEO,... .

(Tiên đề lớn đứng trước, tiên đề nhỏ đứng giữa, kết luận đứng sau)

2.5.2.1.2. *Các quy tắc chung của luận ba đoạn nhất quyết đơn*

Sau khi phát biểu các qui tắc, ta sẽ dùng các vòng tròn ngoại diên để kiểm tra sự đúng đắn của qui tắc .

a) Qui tắc của các thuật ngữ

- *Qui tắc 1* : Trong mỗi luận ba đoạn chỉ có ba thuật ngữ (S,P,M).

Vi phạm qui tắc này thường là do thuật ngữ giữa M trong hai tiên đề cùng tên nhưng khác nghĩa. Ví dụ :

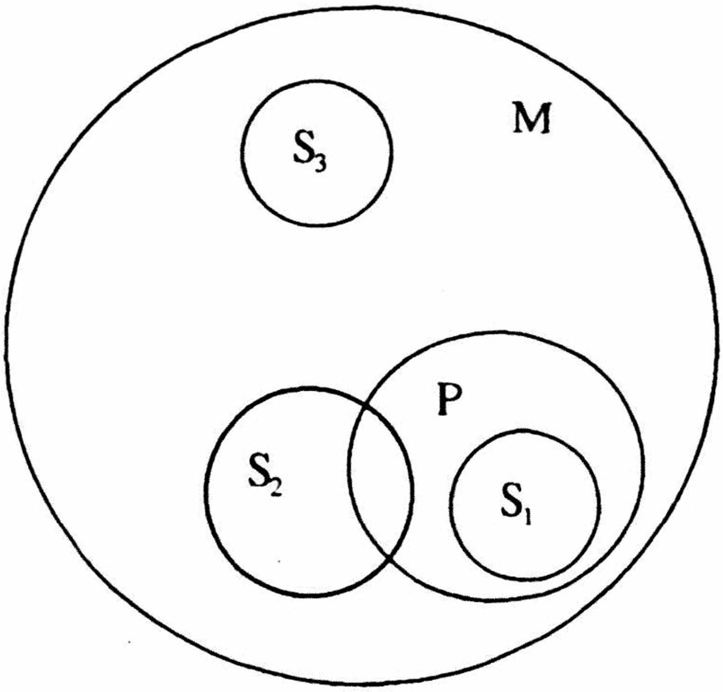
Vật chất (M) tồn tại vĩnh viễn (P).

Quyển vở này (S) là vật chất (M).

Nên, quyển vở này (S) tồn tại vĩnh viễn (P).

Kết luận không chân thực vì thuật ngữ giữa (M) trong hai tiên đề không đồng nhất. "Vật chất" trong tiên đề lớn là phạm trù triết học, còn "vật chất" trong tiên đề nhỏ chỉ sự vật cụ thể. Như vậy, trong luận ba đoạn không phải có ba thuật ngữ, mà là bốn thuật ngữ. Sai lầm này gọi là "gấp bốn thuật ngữ".

- *Qui tắc 2 :* Thuật ngữ giữa phải chu diên ít nhất ở một trong các tiên đề. Nếu thuật ngữ giữa không chu diên trong tiên đề nào cả thì nó không thể là hạt nhân liên kết các thuật ngữ biên với nhau, mối liên kết giữa các thuật ngữ biên trở thành không xác định. Do đó, kết luận chính xác không thể có được.



Hình 3

Ví dụ :

Tất cả kim loại (P) đều dẫn điện (M).

Dung dịch axit (S) dẫn điện (M).

Vì thế, dung dịch axit (S) là kim loại (P).

Kết luận là sai vì M không chu diên trong cả hai tiên đề (h.3). Có 3 khả năng có thể về quan hệ giữa S và P.

- *Qui tắc* 3 : Thuật ngữ không chu diên trong tiên đề không thể chu diên trong kết luận.

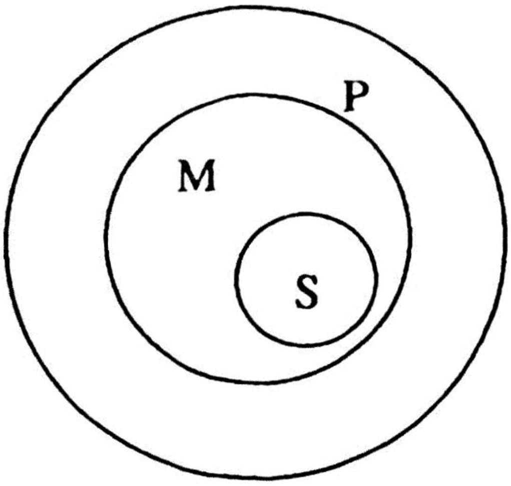
Nếu các thuật ngữ S và P trong tiên đề biểu thị một bộ phận thì trong kết luận cũng chỉ được biểu thị một bộ phận (không chu diên).

Ví dụ : Tất cả các chất lỏng (M) có tính linh động (P).

Nước (S) là chất lỏng (M).

Vì thế, nước (S) có tính linh động (P).

Nước chu diên trong cả tiên đề và kết luận, còn P không chu diên trong cả tiên đề và kết luận. Kết luận này đúng (h.4).



Hình 4

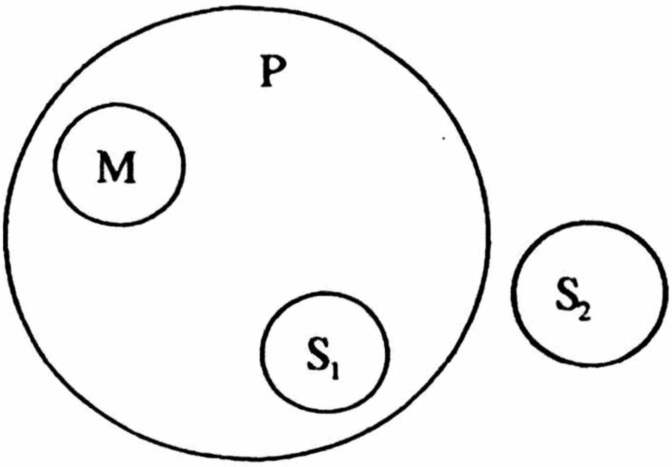
Ví dụ :

Một số chất lỏng(M) dẫn điện(P).

Đồng không phải là chất lỏng (M).

Vậy: đồng không dẫn điện(P).

Kết luận này sai vì P không chu diên trong tiên đề nhưng P lại chu diên trong kết luận (h.5).



Hình 5

b) Các qui tắc của các tiên đề

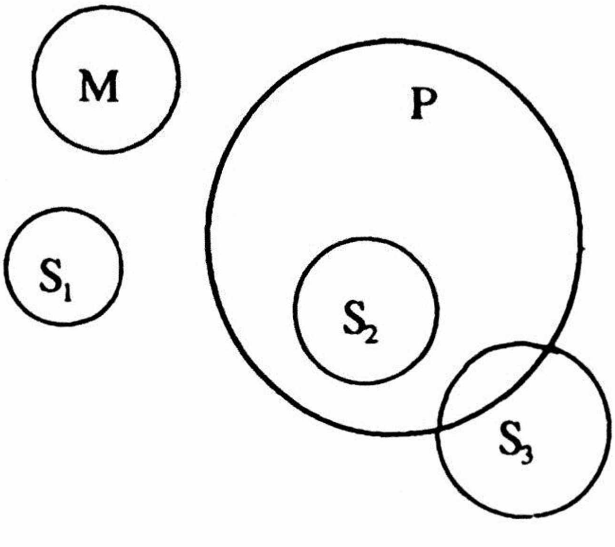
- ***Qui tắc 4 :*** Từ hai tiên đề phủ định không thể rút ra kết luận.

Qui tắc này có nghĩa là một trong hai tiên đề phải là phán đoán khẳng định. Nếu cả hai tiên đề là phán đoán phủ định thì các thuật ngữ S, M, P loại trừ nhau hoàn toàn về mặt ngoại diên, nên thuật ngữ giữa (M) không thiết lập được mối liên hệ xác định giữa các thuật ngữ bên. Ví dụ :

Rượu (P) không phải là kim loại (M).

Hơi nước (S) không phải là kim loại (M).

Từ hai tiên đề này, không thể rút ra kết luận gì (h.6).



Hình 6

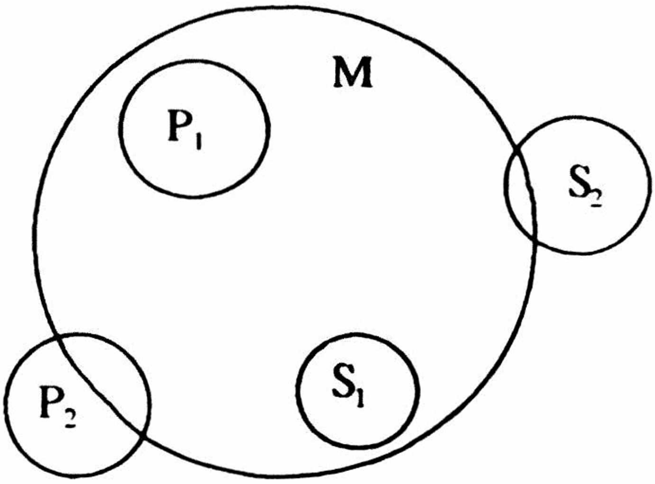
- ***Qui tắc 5 :*** Từ hai tiên đề bộ phận không thể rút ra được kết luận. Nếu có một tiên đề bộ phận thì kết luận cũng là kết luận bộ phận.

Ví dụ :

Một số chất dẫn điện là chất rắn (P).

Một số chất dẫn điện là chất lỏng (S).

Không rút ra được kết luận gì (h.7).



Hình 7

Trên đây là 5 qui tắc của luận ba đoạn. Mọi luận ba đoạn đều phải tuân theo 5 qui tắc trên, nếu không sẽ mắc sai lầm trong suy luận.

Chú ý rằng: Mọi luận ba đoạn tuân theo 5 qui tắc trên đây mới chỉ đúng về mặt lôgic. Cho nên, kết luận rút ra về thực tế cũng có thể đúng mà cũng có thể sai. Muốn rút ra kết luận đúng về mặt thực tế thì còn phải thêm một điều kiện là hai phán đoán tiên đề phải là phán đoán chân thực.

Nhưng không phải tất cả các phương thức đều tuân theo các qui tắc của luận bə đoạn. Ví dụ : Các phương thức EE, OE, II, OI mâu thuẫn với các qui tắc 4 và 5; phương thức IA thuộc loại hình I và II, mâu thuẫn với qui tắc 2;.... Cho nên, chỉ còn lại 19 phương thức tuân theo các qui tắc chung của luận ba đoạn và được gọi là phương thức đúng đắn. Các phương thức đó được viết cùng với kết luận như sau :

Loại hình I : AAA, EAE, AII, EIO

Loại hình II : EAE, AEE, EIO, AOO

Loại hình III : AAI, IAI, AII, EAO, OAO, EIO

Loại hình IV : AAI, AEE, IAI, EAO, EIO.

Trong học tập vật lý, ở khâu vận dụng kiến thức, thường dùng các phương thức sau :

Loại hình I : AAA, AII

Loại hình II : AEE, AOO

Loại hình III : AAI, AII.

Trong thực tiễn tư duy, có những trường hợp mặc dù vi phạm qui tắc chung của luận ba đoạn, nhưng kết luận chân thực vẫn được rút ra một cách tất yếu lôgic. Đó là do tính chu diên của các thuật ngữ được đảm bảo.

Ví dụ đối với loại hình I :

Cả hai tiên đề là phán đoán riêng:

Một số kim loại (M) là kim loại kiềm (P).

Một số nguyên tố hoá học (S) là kim loại (M).

Do đó, một số nguyên tố hoá học (S) là kim loại kiềm (P).

Kết luận chân thực, vì M trong tiên đề nhỏ chu diên (ngoại diên của M nằm trong ngoại diên của S).

2.5.2.2. Luận ba đoạn rút gọn (luận hai đoạn)

Trong một luận ba đoạn, bao giờ cũng có ba phán đoán (hai tiên đề và một kết luận), nhưng trong quá trình lập luận, người ta thường bỏ qua một trong ba phán đoán đó. Chẳng hạn, chúng ta có thể nói : "Anh là công dân, nên anh phải tuân theo pháp luật". Ở đây chúng ta đã bỏ qua phán đoán "Mọi công dân phải tuân theo pháp luật". Đó chính là luận hai đoạn.

Luận ba đoạn bỏ qua một trong các phán đoán gọi là luận hai đoạn. Để đưa luận ba đoạn về luận hai đoạn, có thể bỏ qua tiên đề lớn trường hợp này thường được sử dụng vì tiên đề lớn là những tri thức chung, tri thức phổ biến nhất như các quy luật, qui tắc...), tiên đề nhỏ hay kết luận. Trong ví dụ trên, chúng ta có thể bỏ qua tiên đề lớn.

Luận hai đoạn bỏ qua tiên đề lớn rất hay dùng trong việc áp dụng các định luật vật lý. Ví dụ: "Vật này chịu tác dụng của lực nên nó có gia tốc". Trong lập luận này, ta bỏ qua tiên đề lớn "Tất cả các vật chịu tác dụng của lực đều có gia tốc".

Trong khi hướng dẫn học sinh áp dụng các định luật vật lý để dự đoán hiện tượng, ta thường bỏ qua kết luận (dành cho học sinh tự tìm lấy). Ví dụ : Một vật chịu tác dụng của một lực đều có gia tốc, vật này chịu tác dụng của lực, vậy...

Khi có các luận hai đoạn sai lầm, muốn phát hiện sai lầm nằm ở chỗ nào trong lập luận, cần phải khôi phục lại luận ba đoạn tương ứng theo các giai đoạn sau đây:

a) Xác định trong luận hai đoạn này, phán đoán nào là tiên đề, phán đoán nào là kết luận. Trong trường hợp đó, ta sẽ dựa vào ngữ pháp và nhớ rằng phán đoán là tiên đề trong luận hai đoạn này đứng sau từ "bởi vì", "vì"... còn kết luận thì đứng sau các từ "do đó", "vì vậy", "cho nên"... Ví dụ : Trong luận hai đoạn "Vật này chịu tác dụng của lực nên vật này có gia tốc" thì phán đoán "vật này có gia tốc" là kết luận, còn phán đoán "vật này chịu tác dụng của lực" là một tiên đề.

b) Sau khi đã xác định được một tiên đề,ta cần biết nó là một tiên đề lớn (chứa P) hay tiên đề nhỏ (chứa S). Nó sẽ là tiên đề lớn nếu trong đó chứa vị ngữ của kết luận (P) và là tiên đề nhỏ nếu trong đó có chủ ngữ của kết luận (S). Trong ví dụ trên, phán đoán "vật này chịu tác dụng của lực" chứa chủ ngữ của kết luận (vật này S), vậy đó là tiên đề nhỏ.

c) Khôi phục tiên đề còn thiếu: Ta kết hợp vị ngữ của kết luận và thuật ngữ giữa nhất thiết phải có trong tiên đề đã cho sẽ được tiên đề lớn còn thiếu. Nếu kết hợp chủ ngữ trong kết luận với thuật ngữ giữa, ta sẽ được tiên đề nhỏ... Khi đó cần chú ý thêm rằng với kết luận phủ định thì một trong hai tiên đề là phủ định. Nếu kết luận là khẳng định thì cả hai tiên đề đều là khẳng định. Trong ví dụ trên, tiên đề cần khôi phục phải chứa vị ngữ của kết luận, vậy phải là tiên đề lớn và là khẳng định "Tất cả các vật chịu tác dụng của lực đều có gia tốc".

Ví dụ để chữa một lập luận sai sau đây : "Vật này không phải là thấu kính phân kỳ vì vật này có một mặt lồi", ta cần khôi phục luận ba đoạn tương ứng.

Kết luận : Vật này (S) không phải là thấu kính phân kỳ (P).

Tiên đề : Vật này (S) có một mặt lồi (M) là tiên đề nhỏ.

Tiên đề lớn cần khôi phục là : "Tất cả các vật có một mặt lồi không phải là thấu kính phân kỳ".

Vậy chỗ sai là tiên đề lớn không chân thực (giả dối) vì "vật có một mặt lồi vẫn có thể là thấu kính phân kỳ".

2.5.2.3. Suy luận có điều kiện

2.5.2.3.1. Suy luận có điều kiện thuần tuý

Suy luận có điều kiện thuần tuý là suy luận diễn dịch, trong đó hai tiên đề và kết luận là các phán đoán có điều kiện. Ví dụ :

Nếu cho dòng điện chạy qua dây dẫn (a), thì xuất hiện từ trường xung quanh dây dẫn (b).

Nếu xung quanh dây dẫn có từ trường (b) thì kim nam châm đặt quanh dây dẫn chịu tác dụng của một lực từ.

Nếu cho dòng điện chạy qua dây dẫn (a), thì kim nam châm đặt quanh dây dẫn chịu tác dụng của một lực từ.

Sơ đồ của suy luận này : Sơ đồ viết theo ký hiệu:

Nếu a thì b

Nếu b thì c

Nếu a thì c

$$\frac{a \rightarrow b,\ b \rightarrow c}{a \rightarrow c}$$

Lập luận trong suy luận có điều kiện thuần tuý theo qui tắc : Hệ quả của hệ quả là hệ quả của cơ sở.

2.5.2.3.2. Suy luận nhất quyết có điều kiện

Suy luận nhất quyết có điều kiện có hai phương thức để rút ra kết luận một cách tất yếu lôgic .

a) Phương thức khẳng định

Kết cấu	Sơ đồ
Nếu a thì b	$a \longrightarrow b$
$\frac{a}{b}$	$\frac{a}{b}$

Đây là quy luật lôgic :

Kết luận sẽ là tin cậy, nếu đi từ khẳng định cơ sở đến khẳng định hệ quả, là không tin cậy nếu đi từ khẳng định hệ quả đến khẳng định cơ sở.

Ví dụ :

Nếu có dòng điện chạy qua dây dẫn, dây dẫn nóng lên.

Dây dẫn này nóng lên.

Vậy : Có dòng điện chạy qua dây dẫn này.

Kết luận không chắc chắn vì có nhiều nguyên nhân có thể làm dây dẫn nóng lên.

b) Phương thức phủ định

Kết cấu	Sơ đồ
Nếu a thì b	$a \longrightarrow b$
Không b	$\overline{b}$
Không a	$\overline{a}$

Đây là quy luật lôgic :

Kết luận sẽ là tin cậy nếu đi từ phủ định hệ quả đến phủ định cơ sở, là không tin cậy nếu đi từ phủ định cơ sở đến phủ định hệ quả.

Ví dụ :

Nếu có dòng điện chạy qua dây dẫn, dây dẫn nóng lên.

Không có dòng điện chạy qua dây dẫn này.

Vậy : Dây dẫn này không nóng lên.

Kết luận này không chắc chắn vì dây dẫn có thể nóng lên vì nguyên nhân khác.

Trong vật lý, nhiều khi gặp trường hợp đặc biệt trái với quy luật lôgic trên.

Ví dụ :

Nếu tác dụng lên vật một lực thì vật thu được gia tốc.

Vật này thu được gia tốc.

Vậy: Có lực tác dụng lên vật.

Trong trường hợp này, khẳng định cơ sở dẫn đến khẳng định hệ quả là đúng vì chỉ có một nguyên nhân có thể gây ra gia tốc cho vật là có lực tác dụng. Vậy tiên đề thứ nhất là một tiên đề thuận nghịch tương đương với hai phán đoán đều đã được khẳng định là chân lý:

Nếu tác dụng lên vật một lực thì vật thu được gia tốc.

Nếu vật thu được gia tốc là có một lực tác dụng lên vật.

Các định luật vật lý phần nhiều là những phán đoán thuận nghịch như trên.

Phán đoán thuận nghịch như trên có thể coi như tương đương với một phán đoán duy nhất:

Chỉ khi có một lực tác dụng lên vật thì vật thu được gia tốc.

2.6. Sử dụng phương pháp quy nạp - diễn dịch trong dạy học vật lý ở trường phổ thông

Ở trên, ta đã xét riêng tác dụng của từng phương pháp quy nạp và diễn dịch trong quá trình nhận thức vật lý. Tuy nhiên, trong thực tiễn thì hai phương pháp đó thường được sử dụng phối hợp với nhau như là một phương pháp tư duy quy nạp - diễn dịch. Nó có ý nghĩa to lớn hơn từng phương pháp quy nạp hay diễn dịch tách riêng. Hơn nữa, quá trình tư duy có thể diễn biến phức tạp, quanh co, không thể chỉ dùng một phương pháp tách riêng mà có thể đạt được kết quả mong muốn. Trong từng giai đoạn của quá trình nhận thức, ta có thể áp dụng riêng từng phương pháp trên, nhưng xét toàn bộ hoạt động nhận thức một vấn đề phức tạp thì thường phải dùng phương pháp phối hợp qui nạp - diễn dịch.

Ví dụ: Tìm qui tắc dựng ảnh của một vật qua một thấu kính hội tụ

Đặt một vật sáng trước một thấu kính rìa mỏng, ta có thể thu được ảnh rõ nét của vật trên một màn ảnh đặt sau thấu kính.Học sinh có thể quan sát thấy điều này qua một thí nghiệm đơn giản. Vấn đề đặt ra là : Làm thế nào để tìm được qui tắc chung xác định vị trí và tính chất của ảnh đó?Quá trình tìm qui tắc này có thể diễn ra như sau:

Để cho đơn giản, ta bắt đầu từ việc xác định ảnh của một điểm sáng qua thấu kính. Một điểm sáng được tạo ra bằng cách cho hai tia sáng tới giao nhau trước thấu kính. Vì vậy, để xác định được ảnh của điểm sáng, ta cần nghiên cứu đường đi của các tia sáng qua thấu kính. Nhìn mặt cắt ngang của thấu kính rìa mỏng, ta nhận thấy nó giống như các phần của những lăng kính có góc ở đỉnh khác nhau ghép lại. Học sinh đã biết qui luật đường đi của tia sáng qua lăng kính là : Các tia ló lệch về phía đáy của lăng kính; từ đó, suy ra một dự đoán rằng : Các tia sáng tới song song với trục chính của thấu kính sẽ lệch về phía đáy của lăng kính đã phân chia ở trên, do đó lệch về phía trục chính của thấu kính. Làm thí nghiệm chiếu một chùm ba tia tới song song với trục chính, học sinh nhận thấy chúng lệch về phía trục chính, đúng như dự đoán. Ngoài ra, học sinh còn thấy thêm một điều mới là : Các tia ló đó còn đồng quy tại một điểm F trên trục chính. Làm thí nghiệm với các tia tới song song với trục chính nhưng có điểm tới khác nhau, ta vẫn thấy chúng đồng quy tại điểm F. Từ đó, rút ra được kết luận : Các tia tới song song với trục chính của thấu kính rìa mỏng sẽ cho các tia ló đồng quy tại một điểm F trên trục chính, gọi là tiêu điểm chính của thấu kính. Vì vậy, thấu kính rìa mỏng còn được gọi là thấu kính hội tụ.

Áp dụng nguyên lý về tính thuận nghịch của chiều truyền ánh sáng, ta suy ra : Nếu tia tới đi qua tiêu điểm thì tia ló sẽ song song với trục chính.

Bằng suy luận diễn dịch, ta suy ra : Tia tới trùng với trục chính, giống như tia vuông góc với bản mặt song song sẽ cho tia ló đi thẳng.

Cũng bằng suy luận diễn dịch, ta dự đoán : Tia tới bất kỳ đi qua quang tâm của thấu kính sẽ không đổi phương mà chỉ tịnh tiến đi một khoảng nhỏ. Thí nghiệm với nhiều trường hợp cho thấy : Với thấu kính mỏng, thực tế tia tới qua quang tâm thấu kính sẽ đi thẳng.

Chuỗi những phép suy luận quy nạp và diễn dịch xen kẽ nhau ở trên đã dẫn đến kết quả là xác lập được quy luật về đường đi của các tia sáng qua thấu kính hội tụ. Vận dụng quy luật trên, ta suy ra cách dựng ảnh của một điểm sáng qua thấu kính như sau :

- Vẽ hai tia tới xuất phát từ cùng một điểm sáng S.

- Áp dụng quy luật đường đi của các tia sáng qua thấu kính để vẽ hai tia ló tương ứng.

- Giao điểm của hai tia ló là ảnh S' của S.

Áp dụng cách dựng ảnh như trên, ta dựng được ảnh của điểm sáng S ứng với các vị trí khác nhau của S từ vô cực đến sát thấu kính. Sau khi đã dựng ảnh trong một số trường hợp, ta lại rút ra được kết luận chung sau đây : Vật ở trong khoảng từ vô cực đến tiêu điểm cho ảnh thật, ngược chiều với vật; vật ở trong khoảng từ tiêu điểm đến thấu kính cho ảnh ảo cùng chiều với vật. Các thí nghiệm tiến hành sau đó xác nhận kết luận này.

Bằng suy luận diễn dịch kết hợp với biến đổi toán học, ta có thể lập được các công thức tổng quát của thấu kính : Độ phóng đại của ảnh

$$k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{d'}{d} \text{ và } \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f}.$$

Các công thức này chỉ là gần đúng. Vì học sinh chưa học lý thuyết về quang sai nên có thể bằng thí nghiệm quan sát sự tạo ảnh trong một số trường hợp, rút ra điều kiện để thu được ảnh rõ nét là :

Góc mở của thấu kính càng nhỏ, ảnh càng rõ nét. Nói cách khác là cần có một màn chắn để cho chỉ có các tia tới ở gần trục chính, có góc tới nhỏ mới lọt được vào thấu kính.

CHƯƠNG 3

VẬN DỤNG LÔGIC BIỆN CHỨNG TRONG DẠY HỌC VẬT LÝ Ở TRƯỜNG PHỔ THÔNG

3.1. Khái niệm"Lôgic biện chứng"

Lôgic biện chứng là khoa học về hình thức và quy luật phản ánh trong tư duy sự vận động và phát triển của thế giới khách quan, về những quy luật nhận thức chân lý.

Lôgic biện chứng là khoa học về các hình thức và quy luật vận động, phát triển của tư duy nhận thức chân lý.

Qua đó, chúng ta thấy đối tượng nghiên cứu của lôgic biện chứng là quy luật biện chứng của tư duy.

Biện chứng của tư duy là biện chứng chủ quan. Nó phản ánh biện chứng khách quan, phản ánh biện chứng của sự vật. Tuy nhiên, biện chứng của tư duy không chỉ là sự phản ánh biện chứng khách quan của sự vật, mà còn là sự phản ánh biện chứng riêng của tư duy. Bởi vì, bản thân tư duy cũng là một quá trình phát triển biện chứng, cho nên nó cũng có những qui luật của nó.

Như vậy, nhiệm vụ của lôgic biện chứng là nghiên cứu hai nhóm quy luật. Nhóm thứ nhất : Đó là những quy luật biện chứng chung cho cả tồn tại và tư duy, được lôgic biện chứng nghiên cứu với tính cách là những quy luật của quá trình tư duy. Nói cách khác, tất cả các quy luật của phép biện chứng đều là những quy luật của lôgic biện chứng. Chỉ có điều là, lôgic biện chứng nghiên cứu những quy luật này với tính cách là những quy luật của quá trình tư duy.

Nhóm thứ hai : Bao gồm những quy luật biện chứng và những phạm trù riêng của quá trình tư duy. Đó là các phạm trù, chẳng hạn như : Quy nạp và diễn dịch, lịch sử và lôgic, cụ thể và trừu tượng v.v.... Đó là những quy luật biện chứng, chẳng hạn từ cụ thể đến trừu tượng và từ trừu tượng đến cụ thể.v.v...

Vận dụng các nguyên lý và quy luật của phép biện chứng vào quá trình tư duy, lôgic biện chứng đã nêu lên một loạt những yêu cầu dưới dạng các nguyên tắc mà tư duy phải triệt để tuân theo trong quá trình nhận thức chân lý. Ở đây, nguyên tắc không đồng nhất với quy luật mà nguyên tắc được rút ra từ những nguyên lý và quy luật. Hơn nữa, mỗi nguyên tắc không phải chỉ rút ra từ một quy luật mà thường là từ một số quy luật.

Trong số những nguyên tắc của lôgic biện chứng nêu ra, có 5 nguyên tắc cơ bản sẽ được trình bày dưới đây.

3.2. Các nguyên tắc cơ bản của lôgic biện chứng

3.2.1. Nguyên tắc khách quan

a) Nội dung và yêu cầu của nguyên tắc khách quan

Đây là nguyên tắc xuất phát điểm của lôgic biện chứng duy vật.

Nó đòi hỏi sự phù hợp giữa tư duy với bản chất của sự vật.

Cơ sở lý luận của nguyên tắc khách quan là cách giải quyết mối quan hệ giữa vật chất và ý thức theo quan điểm duy vật biện chứng (Vật chất tồn tại khách quan, độc lập đối với ý thức còn ý thức là sự phản ánh vật chất, ý thức có tính độc lập tương đối, có sự tác động trở lại đối với vật chất). Hơn nữa, chân lý là khách quan, nội dung của chân lý do nội dung khách quan của sự vật quy định. Chính vì vậy, lôgic biện chứng đòi hỏi phải xem xét sự vật một cách khách quan, nhận thức sự vật với tính cách là cái khách quan, tồn tại và phát triển ở ngoài ý thức chủ quan của con người, đòi hỏi xem xét sự vật đúng như nó vốn có trong thực tế.

Nguyên tắc khách quan đòi hỏi khi xem xét sự vật phải xuất phát từ bản thân sự vật, từ những thuộc tính và những quy luật vốn có của sự vật, tôn trọng những quy luật đó trong sự phản ánh, chứ không phải xuất phát từ ý muốn chủ quan.

Nói như vậy không có nghĩa là nguyên tắc khách quan coi nhẹ vai trò của nhân tố chủ quan, coi nhẹ tính năng động của ý thức. Nguyên tắc khách quan không những không loại trừ, mà còn đòi hỏi phát huy tính năng động chủ quan, phát huy tính năng động và sáng tạo của ý thức trong quá trình phản ánh sự vật. Bởi vì quá trình đạt tới tính khách quan đòi hỏi chủ thể phải phát huy nỗ lực chủ quan trong việc tìm ra những con đường, những phương pháp, cả những phương pháp tư duy lẫn những biện pháp hoạt động thực tiễn để từng bước thâm nhập sâu vào bản chất của sự vật.

Chính vì vậy, nguyên tắc khách quan khác hẳn với chủ nghĩa khách quan, mà đặc trưng của chủ nghĩa này là đề cao, thổi phồng, tuyệt đối hóa yếu tố khách quan, coi nhận thức của con người chỉ là sự thụ động trước khách quan.

Nguyên tắc khách quan đòi hỏi phải có tính trung thực trong sự phản ánh. Không có tính trung thực thì không thể có tính khách quan trong xem xét sự vật được.

b) Vận dụng nguyên tắc khách quan trong dạy học vật lý

Khoa học vật lý nghiên cứu những đặc tính và qui luật vận động của thế giới vật chất. Vậy thì việc đầu tiên là cần phải thừa nhận.

sự tồn tại khách quan của thế giới vật chất đó, tồn tại và phát triển ngoài ý muốn của chúng ta. Đầu tiên, ta cảm nhận được sự tồn tại và phát triển của thế giới vật chất đó nhờ các giác quan. Bởi vậy, trong dạy học vật lý, trước hết phải tổ chức cho học sinh quan sát sự vật và hiện tượng trong thực tế hoặc là trong các thí nghiệm để có đủ tư liệu phản ánh chúng trong tư duy một cách đúng đắn. Những kết luận khái quát mà ta thu được cũng phải được kiểm tra lại trong thực tế khách quan xem có phù hợp không. Cần phải rèn luyện cho học sinh thói quen trung thực trong sự phản ánh đó, cụ thể là trung thành với những điều quan sát được, cố gắng quan sát ngày một tỉ mỉ, chính xác hơn, và sau đó trung thành với những qui tắc suy luận, không nguy biện, bịa đặt theo ý mình. Trong dạy học, nhiều khi giáo viên cố sửa đổi những số liệu trong các thí nghiệm cho phù hợp với kết luận đã chuẩn bị trước, ví dụ như: Cố sửa cho tỷ số giữa hiệu điện thế và cường độ dòng điện U : I luôn luôn tuyệt đối bằng nhau, mặc dù trong thực tế luôn luôn có sai lệch. Cần phải để cho học sinh thấy sự sai lệch đó và sử dụng phép tính sai số để đánh giá độ tin cậy của kết luận U : I là một hằng số. Cần chú ý rằng khi tăng U thì I tăng, dẫn tới dây dẫn nóng lên, điện trở của dây sẽ thay đổi. Điều đó có nghĩa là : Nếu tôn trọng nguyên tắc khách quan thì đến một lúc với những công cụ đo chính xác sẽ phát hiện ra sự sai lệch đó.

3.2.2. Nguyên tắc toàn diện

a) Nội dung của nguyên tắc toàn diện

Nguyên tắc toàn diện xuất phát từ nguyên lý về mối liên hệ phổ biến của phép biện chứng. Theo nguyên lý này của phép biện chứng, mỗi sự vật là một thể thống nhất, trong đó, giữa các mặt của sự vật, giữa sự vật này với sự vật khác, giữa sự vật với môi trường xung quanh..., đều có mối liên hệ với nhau, ràng buộc lẫn nhau, tác động và ảnh hưởng lẫn nhau. Nhưng mối liên hệ đó vô cùng phong phú và đa dạng. Có mối liên hệ ngẫu nhiên, có mối liên hệ tất yếu, có mối liên hệ bản chất, có mối liên hệ không bản chất ... Chính vì vậy, lôgic biện chứng đòi hỏi phải xem xét sự vật một cách toàn diện.

Nguyên tắc toàn diện đòi hỏi nhận thức sự vật với tính cách là một chỉnh thể của tất cả các mặt, các thuộc tính, các mối liên hệ trong bản thân sự vật, và giữa sự vật đó với những sự vật khác, với môi trường xung quanh. "'Nhận thức lý luận phải trình bày khách thể... trong những quan hệ toàn diện của nó" (Lê nin toàn tập, tập 29, trang 227). "Muốn thực sự hiểu được sự vật, cần phải nhìn bao quát và nghiên cứu tất cả các mối liên hệ và quan hệ gián tiếp của sự vật đó" (Lênin toàn tập, tập 42, trang 364) .

Nhưng ngay một lúc, ta không thể xem xét một cách hoàn toàn, đầy đủ tất cả các mặt của sự vật được. Trong quá trình vận động, sự vật nảy sinh những mặt mới, những mối quan hệ mới. Và cũng trong quá trình nhận thức, con người từng bước phát hiện ra những mặt mới, những mối quan hệ mới đó của sự vật.

Chính vì vậy, chúng ta có thể thực hiện được nguyên tắc toàn diện bằng cách : Trong khi xem xét bao quát và nghiên cứu tất cả các mặt của sự vật - nói tất cả ở đây chỉ là tương đối - tư duy phải phát hiện được, phản ánh được những mặt chủ yếu, bản chất quan trọng nhất của sự vật. Từ việc phát hiện và nắm mặt bản chất của sự vật, chúng ta sẽ có điều kiện trở lại nhận thức sự vật một cách sâu sắc hơn với tính cách là một chỉnh thể của tất cả các mặt. Đó là thực chất của nguyên tắc toàn diện. Như vậy, xem xét toàn diện không có nghĩa là xem xét một cách dàn đều, bình quân, không biết đâu là mặt bản chất của sự vật.

Nắm vững nguyên tắc toàn diện có ý nghĩa trong việc xây dựng quan điểm toàn diện và đồng bộ trong hoạt động thực tiễn. Để cải tạo một sự vật, bao giờ chúng ta cũng phải áp dụng đồng bộ một hệ thống những biện pháp nhất định. Quan điểm toàn diện và đồng bộ không những không loại trừ mà trái lại còn đòi hỏi trong mỗi giai đoạn, trong mỗi bước đi, phải phát hiện đúng và nắm khâu then chốt để tập trung sức giải quyết, làm cơ sở cho việc giải quyết các mặt khác.

Nguyên tắc toàn diện có ý nghĩa trong việc khắc phục bệnh phiến diện một chiều, khắc phục lối suy nghĩ giản đơn một chiều.

b) Vận dụng nguyên tắc toàn diện trong dạy học vật lý

Trong thực tế, các hiện tượng vật lý thường xảy ra rất phức tạp, do nhiều nguyên nhân tác động hoặc trải qua nhiều giai đoạn mà ta lại chỉ quan sát được kết quả cuối cùng. Bởi vậy, việc nghiên cứu phiến diện thường dẫn đến những sai lầm nhiều khi rất nghiêm trọng. Ví dụ như khi nghiên cứu sự rơi của các vật, mới quan sát, học sinh thấy rõ ràng là hòn đá rơi nhanh hơn cái lá và kết luận rằng vật nặng rơi nhanh hơn vật nhẹ. Khi rút ra kết luận này, học sinh chỉ mới chú ý đến trọng lực của đất hút vật nên đã phạm sai lầm. Quan sát kỹ hơn sẽ thấy còn có một yếu tố thứ hai ảnh hưởng đến sự rơi của các vật trong không khí - đó là lực cản của không khí. Do đó, muốn xét xem vật rơi trong không khí thế nào phải xét lực tổng hợp của hai lực đó. Chỉ khi lực cản của không khí không đáng kể so với trọng lực mới có thể coi là vật rơi tự do.

Trong nghiên cứu vật lý, có nhiều hiện tượng phức tạp mà học sinh không thể trong một bài, một chương, thậm chí một phần của giáo trình vật lý mà nhận thức được đầy đủ. Giáo viên phải luôn luôn rèn luyện cho các em có thói quen suy nghĩ về những mặt cần phải bổ sung, hoàn chỉnh, phát triển. Ví dụ như khi nghiên cứu nguyên nhân nào gây ra sự biến đổi chuyển động của một vật, ta thấy là do có vật khác tác dụng lên nó, ta gọi là có lực tác dụng. Ta bắt đầu từ trường hợp không có lực tác dụng lên vật (vật sẽ chuyển động thẳng đều theo định luật I Niutơn), tiếp đến khi có lực tác dụng của vật A lên vật B (vật B sẽ chuyển động theo định luật II Niutơn) và để cho vấn đề được hoàn chỉnh, ta phải xét tiếp khi A tác dụng lên B một lực thì ngược lại B có phản ứng gì lại với A (theo định luật III Niutơn). Trong chuyển động thẳng, lực tác dụng cùng phương với vận tốc, ta không thể không xét tiếp nếu lực tạo thành một góc với vận tốc của vật thì sao?

3.2.3. Nguyên tắc phát triển

a) Nội dung của nguyên tắc phát triển

Cơ sở lý luận của nguyên tắc phát triển : Đó là nguyên lý về sự phát triển của phép biện chứng và ba quy luật cơ bản của phép biện chứng : Quy luật thống nhất và đấu tranh của các mặt đối lập, quy luật chuyển hoá từ những thay đổi về lượng thành những thay đổi về chất và ngược lại, quy luật phủ định của phủ định.

Nguyên tắc phát triển yêu cầu :

- Phải xem xét sự vật trong sự vận động và phát triển theo những quy luật của chính bản thân nó.

- Phải phản ánh vào trong những khái niệm những mâu thuẫn biện chứng của sự vật, sự chuyển hoá của sự vật, cái mới trong sự phát triển của sự vật.

- Những khái niệm, phạm trù, những nguyên lý của lý luận phải được bổ sung và phát triển cho phù hợp với sự vận động và phát triển của bản thân hiện thực.

Nguyên tắc phát triển có ý nghĩa trong việc khắc phục sự lạc hậu về lý luận, trong việc đổi mới khái niệm, đổi mới lý luận.

Nguyên tắc phát triển còn có ý nghĩa trong việc khắc phục bệnh bảo thủ, trì trệ trong tư duy cũng như trong hoạt động thực tiễn.

b) Vận dụng nguyên tắc phát triển trong dạy học vật lý

Trong lịch sử của vật lý học, có rất nhiều khái niệm có nội dung thay đổi qua từng thời kỳ lịch sử, nhiều khi phải bổ sung, phát triển thêm hoặc thậm chí bỏ đi để thay bằng khái niệm khác. Nhiều khi vì sự cứng nhắc trong phương pháp tư duy, bảo thủ không chịu thay đổi quan điểm trước những sự kiện thực tế khách quan mới đã dẫn tới những sai lầm nghiêm trọng cản trở bước tiến của khoa học. Điển hình nhất là trường hợp của cơ học Niutơn ở cuối thế kỷ XIX đầu thế kỷ XX. Những thành tựu rực rỡ của cơ học Niutơn được ứng dụng vào nhiều lĩnh vực vật lý trong nhiều thế kỷ làm cho nhiều nhà khoa học cho rằng vật lý học đã đạt tới đỉnh cao của nó, đã tìm ra được mọi định luật cơ bản của tự nhiện, không còn cái gì mới mẻ để phát minh thêm nữa. Bởi vậy, khi thực nghiệm phát hiện ra những sự kiện mới mâu thuẫn với lý thuyết cũ thì nhiều người nghi ngờ lý thuyết mới. Đến khi thuyết tương đối và thuyết lượng tử ra đời, xây dựng quan điểm mới về không gian, thời gian, khối lượng, tính gián đoạn vật chất làm đảo lộn những quan điểm cũ thì gây ra một cuộc khủng hoảng thực sự trong vật lý học.

Trong quá trình học tập vật lý, cùng với sự phát triển của nội dung nghiên cứu, học sinh cũng nhiều lần gặp những sự phát triển của các khái niệm vật lý như thế. Đương nhiên rằng trong trường phổ thông, ta đã gạt bỏ những quan niệm cũ thực sự sai lầm đã tồn tại một thời trong vật lý như quan niệm về chất nhiệt, về ête vũ trụ... Nhưng những kiến thức vật lý là những chân lý tương đối, mỗi ngày một hoàn chỉnh hơn, phản ánh đầy đủ hơn hiện thực khách quan, do đó sự phát triển hoàn chỉnh hơn những kiến thức đó thì xảy ra thường xuyên. Cần phải làm cho học sinh quen dần, không bỡ ngỡ ngay cả khi gặp những thay đổi sâu sắc, đến trái ngược. Thí dụ như khi nghiên cứu về ánh sáng, ngoài những quy luật vận động của ánh sáng, học sinh còn phải hiểu bản chất của ánh sáng. Đầu tiên khi mới nghiên cứu các định luật truyền thẳng, phản xạ, khúc xạ ánh sáng thì có thể hình dung ánh sáng như một chùm quả cầu đàn hồi vô cùng nhỏ như quan niệm của Niutơn. Nhưng khi nghiên cứu hiện tượng giao thoa, nhiễu xạ ánh sáng thì phải thừa nhận ánh sáng có bản chất sóng. Điều bất ngờ mới lại xẩy ra khi lý thuyết Macxoen lại chứng tỏ rằng ánh sáng có bản chất là sóng điện từ trong khi ánh sáng thì trông thấy được, còn sóng điện từ lại chỉ có thể phát hiện nhờ máy thu vô tuyến điện. Đến khi nghiên cứu hiện tượng quang điện thì thuyết sóng ánh sáng lại gặp bế tắc, chỉ có thuyết lượng tử ánh sáng mới giải thích được hiện tượng này. Thuyết lượng tử thừa nhận ánh sáng được phát ra thành những lượng gián đoạn, nhưng mỗi lượng gián đoạn đó lại ứng với một tần số, một bước sóng xác định : $\varepsilon = h.n = h.c / \lambda$. Đến đây, lại phải công nhận một tư tưởng mới có vẻ rất kỳ lạ, đó là ánh sáng có lưỡng tính sóng - hạt. Trong những điều kiện này thì tính chất sóng thể hiện rõ hơn, trong những điều kiện khác thì tính chất hạt mới bộc lộ rõ.

Như vậy, trong dạy học vật lý, luôn luôn cần chú ý cho học sinh thấy được sự phát triển biện chứng của các khái niệm, các tư tưởng vật lý. Mỗi khái niệm, định luật, thuyết vật lý đều có quá trình phát sinh, phát triển và có giới hạn ứng dụng của nó. Những khái niệm, định luật, lý thuyết mới chân chính nhiều khi không phủ nhận hoàn toàn những khái niệm, định luật, lý thuyết cũ mà coi chúng như những trường hợp đặc biệt.

3.2.4. Nguyên tắc thực tiễn

a) Nội dung của nguyên tắc thực tiễn

Cơ sở lý luận của nguyên tắc thực tiễn : Thực tiễn là cơ sở và động lực của nhận thức, thực tiễn là tiêu chuẩn của chân lý.

- Nguyên tắc thực tiễn đòi hỏi chúng ta khi xem xét sự vật phải gắn liền với thực tiễn, phải luôn theo sát sự phát triển của thực tiễn để điều chỉnh nhận thức, cũng như điều chỉnh hoạt động cho phù hợp với sự phát triển của thực tiễn.

- Nguyên tắc thực tiễn đòi hỏi phải lấy thực tiễn kiểm tra những luận điểm của lý luận.

- Nguyên tắc thực tiễn đòi hỏi những khái niệm của chúng ta về sự vật phải được hình thành, bổ sung và phát triển căn cứ vào thực tiễn, chứ không phải bằng con đường thuần tuý suy diễn. Nguyên tắc thực tiễn có ý nghĩa rất quan trọng đối với việc khắc phục bệnh giáo điều và bệnh chủ quan duy ý chí.

b) Vận dụng nguyên tắc thực tiễn trong dạy học vật lý

Chương trình vật lý ở trường phổ thông luôn luôn yêu cầu những kiến thức vật lý phải được rút ra từ thực nghiệm và được kiểm tra bằng thực nghiệm, chính là sự vận dụng nguyên tắc thực tiễn. Điều đó không có nghĩa là coi nhẹ lý thuyết mà trái lại, muốn cho lý thuyết có sức sống, phản ánh đúng chân lý khách quan và có tác dụng cải tạo thực tế, phục vụ lợi ích của con người thì lý thuyết đó phải phù hợp với thực tiễn, được thực tiễn xác nhận.

Trong dạy học vật lý, việc thực hiện nguyên tắc này thường gặp khó khăn lớn vì thiếu trang thiết bị thí nghiệm. Bởi vậy, thường xảy ra tình trạng giáo viên "dạy chay". Rất nhiều trường hợp, học sinh chỉ được giáo viên thông báo về những kết quả nghiên cứu của các nhà khoa học, có nhiều điều không phù hợp với những quan sát thô sơ hàng ngày của các em, khó có thể tin được nếu không được tận mắt nhìn thấy, tận tay sờ thấy. Kết quả của sự vi phạm liên tục nguyên tắc thực tiễn đó dần dần làm cho học sinh mất lòng tin ở tính khách quan của các định luật vật lý và cũng mất luôn cả sự hiểu biết về một phương pháp cơ bản để đánh giá tính xác thực của một kiến thức vật lý mới.

Ví dụ : Khi nghiên cứu sự chuyển động của vật chịu tác dụng của lực đàn hồi F = - k.x trên con lắc lò xo nằm ngang, bằng phép biến đổi toán học chặt chẽ, học sinh suy ra rằng con lắc lò xo sẽ dao động theo một quy luật hình sin. Nhưng quan sát trong thực tế thì rất khó mà thấy được dao động hình sin của con lắc đó vì luôn luôn bị ảnh hưởng của lực ma sát làm cho tắt dần. Nếu không cố gắng làm được thí nghiệm ở mức độ đáng tin cậy thì khó lòng làm cho học sinh tin được ở kết luận rút ra bằng suy luận toán học. Ngày nay ở trường phổ thông, người ta đã thành công trong việc khử ma sát bằng cách sử dụng đệm không khí, do đó đã chứng minh được sự đúng đắn của kết luận trên vì phù hợp với thực nghiệm.

3.2.5. Nguyên tắc lịch sử - cụ thể

a) Nội dung của nguyên tắc lịch sử - cụ thể

Cơ sở lý luận của nguyên tắc lịch sử - cụ thể :

Đó là hai nguyên lý của phép biện chứng : Nguyên lý về sự phát triển và nguyên lý về mối quan hệ phổ biến.

Mỗi một sự vật hay hiện tượng của thế giới khách quan đều có quá trình phát sinh và phát triển của mình, tức là đều có lịch sử của mình. Đồng thời, mỗi một sự vật hay hiện tượng bao giờ cũng tồn tại như một chỉnh thể của tất cả những điều kiện, những hoàn cảnh cụ thể nhất định. Như vậy, mỗi một sự vật hay hiện tượng của thế giới khách quan đều có quá trình lịch sử cụ thể nhất định của nó.

Nguyên tắc lịch sử - cụ thể yêu cầu :

- Thứ nhất, khi xem xét một sự vật, phải gắn với những hoàn cảnh lịch sử - cụ thể sự tồn tại của sự vật đó. Tư duy chúng ta chỉ có thể chân thực, khi chúng ta theo sát sự thay đổi của những hoàn cảnh lịch sử cụ thể đó của sự vật.

- Thứ hai, khi nhận thức một luận điểm nào đó, một chân lý nào đó thì phải gắn với những hoàn cảnh lịch sử - cụ thể của luận điểm đó, của chân lý đó. Bởi vì bất cứ chân lý nào cũng chỉ là chân lý trong những hoàn cảnh lịch sử - cụ thể nhất định của nó, trong những điều kiện không gian và thời gian nhất định của nó.

- Thứ ba, khi vận dụng những nguyên lý lý luận vào thực tiễn thì không dừng lại ở những công thức chung, sơ đồ chung, mà phải tính đến những điều kiện, những hoàn cảnh lịch sử - cụ thể của sự vận dụng (tương tự, khi vận dụng những cái chung vào những hoàn cảnh riêng cũng phải tuân theo yêu cầu đó).

Ý nghĩa : Nguyên tắc lịch sử - cụ thể có ý nghĩa trong việc khắc phục bệnh giáo điều (trong lý luận và cả trong hoạt động thực tiễn).

b) Vận dụng nguyên tắc lịch sử - cụ thể trong dạy học vật lý

Mỗi khái niệm, định luật vật lý đều ra đời trong những hoàn cảnh cụ thể, phụ thuộc vào trình độ hiểu biết của người đương thời và những công cụ thời đó. Bởi vậy, cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, những quan sát tinh vi hơn, những phép đo chính xác hơn có thể phát hiện những sai lệch. Lúc đó, những khái niệm, định luật cũ bộc lộ những hạn chế của chúng, giới hạn ứng dụng của chúng.

Ví dụ như : Với những vận tốc nhỏ của các vật chuyển động có thể quan sát bằng các dụng cụ thô sơ ở các thế kỷ trước thì công thức cộng vận tốc của Niutơn là đúng, nhưng với những máy đo chính xác đo được những vận tốc lớn như vận tốc truyền ánh sáng (thí nghiệm

Maikenxơn) thì công thức cộng vận tốc cổ điển không đúng nữa, cụ thể là vận tốc ánh sáng là không đổi và cực đại dù nguồn sáng đứng yên hay chuyển động. Như vậy, nếu quan sát những vật thể quanh ta chuyển động với vận tốc rất nhỏ so với vận tốc ánh sáng thì công thức cộng vận tốc của Niutơn vẫn đúng, nhưng nếu khi khảo sát chuyển động của các hạt cơ bản có vận tốc lớn thì phải dùng công thức của thuyết tương đối.

Trên đây là 5 nguyên tắc cơ bản của lôgic biện chứng.

Trong thực tiễn, 5 nguyên tắc đó gắn liền với nhau, không thể tách rời nhau, nguyên tắc này đòi hỏi nguyên tắc kia. Do đó, nói vận dụng 5 nguyên tắc là nói đến một sự vận dụng tổng hợp, không thể tách rời nhau. Tuy nhiên, tuỳ từng trường hợp cụ thể, mà một trong số 5 nguyên tắc đó nổi lên trên tầm quan trọng hàng đầu. Mục đích của việc nghiên cứu các nguyên tắc cơ bản của lôgic biện chứng là nhằm góp phần xây dựng tư duy biện chứng duy vật.

Tư duy biện chứng duy vật là tư duy có tính khách quan, tính toàn diện, tính phát triển, tính thực tiễn và tính lịch sử - cụ thể.

Dưới góc độ lôgic học, tư duy mới không có gì khác hơn đó chính là tư duy biện chứng duy vật.

Cũng qua việc nghiên cứu các nguyên tắc cơ bản của lôgic biện chứng, chúng ta thấy rằng : So với lôgic hình thức thì lôgic biện chứng là một công cụ nhận thức sâu sắc hơn, đầy đủ hơn. Nếu như lôgic hình thức xem sự vật trong trạng thái tĩnh, trong sự ổn định tương đối về chất của sự vật, thì lôgic biện chứng nắm lấy các khái niệm trong sự vận động và phát triển. Lôgic biện chứng là lôgic của những khái niệm vận động và phản ánh thế giới khách quan một cách trung thực nhất. Chính bởi đặc điểm này mà Ăng Ghen đã so sánh lôgic hình thức với lôgic biện chứng như là toán học sơ cấp (toán học của những đại lượng bất biến) với toán học cao cấp (toán học của những đại lượng biến thiên).

Nếu như lôgic hình thức chỉ mới quan tâm đến tính chính xác về mặt hình thức lôgic của tư duy mà chưa quan tâm đến nội dung cụ thể của tư duy, thì lôgic biện chứng đặc biệt quan tâm đến tính chân thực của nội dung cụ thể của tư duy. Lôgic biện chứng đòi hỏi khái niệm và các hình thức khác của tư duy phải phản ánh một cách trung thực nhất nội dung của những sự vật đang biến hoá.

Tuy nhiên, giữa lôgic biện chứng và lôgic hình thức không có sự phủ định nhau. Đó là hai trình độ trong sự phát triển của lôgic học, trong tư duy nhận thức, không những chúng ta phải tuân theo những quy luật, những nguyên tắc của lôgic biện chứng mà còn phải tuân theo những nguyên tắc và quy luật của lôgic hình thức. Ngay cả ở trong những lập luận về những sự vật và hiện tượng phức tạp nhất đang phát triển, chúng ta cũng phải tuân theo sự đòi hỏi của lôgic hình thức, để cho kết cấu tư tưởng được chính xác, để cho nội dung tư tưởng được rõ ràng, có tính xác định, có tính nhất quán, có tính căn cứ vững chắc.

3.3. Một số phạm trù của lôgic biện chứng

3.3.1. Lịch sử và lôgic

a) Nội dung của phạm trù

Ở đây, phạm trù lịch sử được dùng với nghĩa lịch sử của sự vật.

Lịch sử của sự vật là quá trình phát sinh, phát triển của sự vật. Đó là một quá trình phong phú, đa dạng, phức tạp, bao gồm tất cả những sự biến đổi của sự vật, cả những bước quanh co của sự phát triển, cả những cái bản chất và không bản chất, cả những cái tất yếu và ngẫu nhiên của sự phát triển của sự vật diễn ra theo trình tự thời gian.

Nhưng lịch sử của một sự vật, dù phức tạp và có nhiều ngẫu nhiên đến mấy, thì sự phát triển của lịch sử của sự vật bao giờ cũng tuân theo những quy luật nội tại, đó là lôgic của sự vật (hay còn gọi là lôgic khách quan).

Phạm trù lôgic có hai nghĩa. Ngoài nghĩa lôgic của sự vật mà ta vừa nói ở trên, phạm trù lôgic còn có ý nghĩa thứ hai : Dùng để chỉ tính tất yếu của bản thân sự tư duy, dùng để chỉ tính chặt chẽ, hợp lý của việc sắp xếp một hệ thống những khái niệm của một quá trình tư duy nào đó. Đó là lôgic của tư duy (hay là lôgic chủ quan).

Trong phần nghiên cứu này, chúng ta sử dụng phạm trù lôgic đã được xác định ở trên.Chúng ta thấy rằng mối quan hệ giữa lịch sử và lôgic là sự thể hiện mối quan hệ giữa tồn tại và tư duy. Ở đây, lịch sử là cái có trước, là quyết định, còn lôgic là cái có sau, là cái phản ánh lịch sử bằng một hệ thống những khái niệm. Lôgic của tư duy là một hệ thống những khái niệm được sắp xếp theo một trật tự chặt chẽ, hợp lý, nhằm phản ánh quá trình phát triển của lịch sử của sự vật. Vì vậy, lôgic của tư duy còn được gọi là lôgic của các khái niệm.

Khi nghiên cứu sự vật, thì lôgic của tư duy, tức là lôgic của các khái niệm phải xuất phát từ lịch sử của sự vật và quá trình lôgic phải phản ánh được quá trình lịch sử.

Song cần thấy rằng : Lôgic phản ánh lịch sử một cách sáng tạo. Lôgic không phản ảnh tất cả những gì mà lịch sử có. Lôgic tước bỏ những bước quanh co, những cái ngẫu nhiên, không bản chất của lịch sử và chỉ phản ánh cái tất yếu, cái bản chất, cái quy luật của lịch sử. Đó là sự phản ánh sâu sắc và sáng tạo.

Chính vì vậy, lôgic không đồng nhất hoàn toàn với lịch sử mà có khác biệt với lịch sử.

Sự phù hợp của lôgic với lịch sử là sự phù hợp về bản chất, về quy luật. Lôgic là sự phản ánh vắn tắt lịch sử.

Phương pháp lôgic nhằm vạch ra bản chất, tính quy luật của sự vật, dưới hình thức lý luận trừu tượng và khái quát bằng một hệ thống những khái niệm, phạm trù,nguyên lý và quy luật. Như vậy,phương pháp lôgic phản ánh lịch sử một cách khái quát. Phương pháp lôgic được áp dụng chủ yếu trong các khoa học lý luận, trong việc xây dựng lý luận. Còn phương pháp lịch sử được áp dụng chủ yếu trong các khoa học lịch sử. Phương pháp lịch sử đòi hỏi tư duy phải phản ánh được quá trình lịch sử - cụ thể của sự phát triển của sự vật, với toàn bộ tính phong phú đa dạng, với mọi tính chất cụ thể, diễn ra theo trình tự thời gian.

Phương pháp lôgic và phương pháp lịch sử là hai phương pháp khác nhau nhưng lại thống nhất với nhau.

Tuỳ theo yêu cầu cụ thể của việc nghiên cứu mà chúng ta có thể sử dụng phương pháp lịch sử là chủ yếu, nhưng không nên quên rằng hai phương pháp đó gắn bó hữu cơ với nhau trong quá trình phản ánh. Phương pháp lôgic mà tách rời lịch sử, thì sẽ trở thành chủ quan, tự biện, không có sức thuyết phục.

Ngược lại, phương pháp lịch sử mà thiếu lôgic thì lịch sử sẽ trở thành một biển các sự kiện, chỉ thấy sự kiện là sự kiện, không thấy được đâu là bản chất, quy luật của sự vật. Chính vì vậy, lịch sử phải gắn với lôgic. Khi sử dụng phương pháp lịch sử, chúng ta không dừng lại ở việc mô tả các sự kiện lịch sử mà phải thông qua việc trình bày các sự kiện để phân tích tính chất kết hợp quy luật của những sự kiện đó.

b) Vận dụng vào dạy học vật lý

Nhiều khái niệm, định luật vật lý có quá trình hình thành và phát triển rất quanh co phức tạp, có khi phải trải qua hàng trăm năm, qua nhiều thử thách, sửa đổi mới đạt được như hiện nay. Nếu dẫn dắt học sinh trải qua tất cả các giai đoạn của sự phát triển lịch sử đó thì sẽ dễ hiểu, nắm vững được ý nghĩa của các khái niệm, định luật đó. Trong nhiều trường hợp, khi dạy học, ta đi theo con đường trình bày lịch sử đó. Ví dụ như khi nghiên cứu qui luật về sự rơi của các vật. Qua hàng nghìn năm, vì coi thường quan sát thực nghiệm hoặc do không có phương tiện đo đạc chính xác nên người ta đã hiểu sai, cho rằng vật nặng rơi nhanh hơn vật nhẹ và các vật rơi đều. Đầu thế kỷ 17, Galilê phải quan sát đo đạc, kết hợp với phân tích mới đi đến kết luận mới, trái ngược là : Viên đạn đại bác và viên đạn súng trường rơi nhanh như nhau và khái quát lên rằng: Nếu sức cản không khí không đáng kể thì mọi vật rơi nhanh như nhau. Phải hơn nửa thế kỷ sau, Niutơn mới đủ điều kiện để thực hiện sự rơi trong chân không (trong ống Niutơn) và khẳng định hoàn toàn những ý kiến của Niutơn. Galilê đã khảo sát thí nghiệm nổi tiếng về chuyển động của viên bi trên máng nghiêng và biết được chuyển động đó nhanh dần đều, nhưng ở thời kỳ đó ông không thể khảo sát trực tiếp chuyển động rơi của các vật vì xảy ra quá nhanh. Ông chỉ dự đoán bằng suy luận mở rộng : Viên bi chuyển động nhanh dần đều trên máng nghiêng; nếu tăng góc nghiêng lên, nó vẫn chuyển động nhanh dần đều với gia tốc lớn hơn và suy ra rằng ngay cả khi góc nghiêng bằng 90^0 nghĩa là máng nghiêng dựng thẳng đứng, chuyển động rơi của vật vẫn là nhanh dần đều. Ngày nay, những thí nghiệm tinh xảo đã khẳng định dự đoán đó. Bây giờ, trong dạy học, nếu trường nào chưa có thiết bị hiện đại thì làm như Galilê là có hiệu quả, giúp cho học sinh có thể phát triển tư duy khoa học, thông qua hoạt động của bản thân mình mà nắm được quy luật về sự rơi tự do. Nhưng nếu trường nào có trang bị hiện đại, nhất là có đồng hồ, máy ghi thời gian chính xác đến 0,1s, 0,02s hay 0,01s thì có thể trực tiếp khảo sát chuyển động rơi, không cần đi theo con đường lịch sử quanh co đó. Nhưng dù có sử dụng trang bị hiện đại, đưa ra một cách trình bày hợp lôgic, có bằng chứng, luận cứ chặt chẽ thì vẫn cần làm cho học sinh nắm được những nét chính của lịch sử hình thành bản thân khái niệm rơi tự do. Đó là : Quan sát vật rơi trong không khí thì thấy rất phức tạp, chỉ khi người ta phát hiện ra vai trò của không khí ảnh hưởng đến sự rơi và tìm cách loại bỏ không khí đi thì sự rơi mới bộc lộ đúng bản chất của nó và tìm được quy luật đơn giản của sự rơi trong chân không (rơi tự do). Tuy nhiên, nắm được quy luật của sự rơi trong chân không thì không có lợi gì mấy cho sản xuất và đời sống, cần phải trở lại xem xét sự rơi của các vật trong đời sống thực hàng ngày. Do đó, đã đi đến một kết luận mới nữa gần với đời sống thật hơn : Khi sức cản của không khí không đáng kể so với trọng lượng của vật thì có thể coi như vật rơi tự do và tuân theo quy luật của sự rơi tự do.

3.3.2. Cụ thể và trừu tượng

a) Nội dung của phạm trù

Về cái cụ thể, Mác viết: "Cái cụ thể sở dĩ là cụ thể vì nó là sự tổng hợp của nhiều tính quy định, do đó là sự thống nhất của cái đa dạng. Cho nên trong tư duy, nó biểu hiện ra là một quá trình tổng hợp, là kết quả, chứ không phải là điểm xuất phát của trực quan và của biểu tượng" (Tuyển tập Mác - Ăng ghen. Tập 11,trang 615).

Trong luận điểm này, Mác đã phân biệt hai nghĩa của phạm trù cái cụ thể.

Với nghĩa thứ nhất, cái cụ thể là điểm xuất phát của sự nghiên cứu. Đó là cái cụ thể cảm tính.

Với nghĩa thứ hai, cái cụ thể là kết quả của quá trình tư duy Đó là cái cụ thể trong tư duy.

Cái cụ thể trong tư duy là một hệ thống những khái niệm, phạm trù, những nguyên lý và quy luật phản ánh bản chất, quy luật vận động và phát triển của sự vật cụ thể trong hiện thực. Chính vì vậy, cái cụ thể trong tư duy là sự phản ánh sâu sắc và toàn diện sự vật cụ thể trong hiện thực.

Phạm trù cái trừu tượng dùng để chỉ sự phản ánh một mặt, một thuộc tính, một mối quan hệ riêng lẻ nào đó của cái cụ thể. Cái trừu tượng đó có thể là một định nghĩa trừu tượng hay một khái niệm trừu tượng (phản ánh một mặt riêng lẻ nào đó của cái cụ thể). Cái trừu tượng là sự phản ánh phiến diện cái cụ thể. Chính vì vậy, từ nhiều cái trừu tượng, tư duy tổng hợp lại thành cái cụ thể trong tư duy.

Tuy nhiên, cần chú ý rằng, trong tư duy ranh giới giữa cái trừu tượng và cái cụ thể chỉ là tương đối. Cái trừu tượng trong mối quan hệ này lại có thể là cái cụ thể trong mối quan hệ khác, và ngược lại coi cái gì là trừu tượng, cái gì là cụ thể thì phải chú ý đến mối quan hệ. Điều đó có nghĩa là: Trong quá trình nhận thức, cái trừu tượng và cái cụ thể có thể chuyển hóa cho nhau.

Quá trình vận động của nhận thức là sự thống nhất của hai chiều hướng đối lập nhau : Từ cụ thể (cảm tính) đến trừu tượng và từ trừu tượng đến cụ thể (trong tư duy):

Cụ thể ——→ trừu tượng ——→ cụ thể

(cảm tính) (trong tư duy)

- Giai đoạn thứ nhất: Từ cụ thể (cảm tính) đến trừu tượng

Ở giai đoạn này, nhận thức phải xuất phát từ những tài liệu cảm tính do hoạt động thực tiễn cung cấp, thông qua sự trừu tượng hóa để hình thành nên những cái trừu tượng, mà mỗi cái trừu tượng phản ánh từng mặt riêng lẻ của sự vật cụ thể. Nhưng cái trừu tượng không phải là mục đích của nhận thức, mà những cái trừu tượng chỉ là phương tiện để chúng ta nhận thức được cái cụ thể với tính cách là cái cụ thể trong tư duy. Chính vì vậy, sau khi đã đạt được một số cái trừu tượng cần thiết, thì tư duy bắt đầu vận động theo chiều hướng ngược lại : Từ trừu tượng đến cụ thể (cái cụ thể nói ở đây với nghĩa là cái cụ thể trong tư duy).

- Giai đoạn thứ hai : Từ trừu tượng đến cụ thể

Giai đoạn này được gọi là phương pháp đi từ trừu tượng đến cụ thể. Theo Mác, phương pháp đi từ trừu tượng đến cụ thể là phương pháp nhờ nó mà tư duy quán triệt được cái cụ thể và tái tạo ra nó với tư cách là một cái cụ thể trong tư duy.

Câu hỏi đặt ra bây giờ là : Đi từ đâu?

Đi như thế nào?

Vấn đề then chốt ở đây là chọn đúng cái trừu tượng, để từ đó mà đi, ta gọi là cái trừu tượng xuất phát. Trong số những cái trừu tượng mà chúng ta đã có, ta chọn một cái trừu tượng để làm cái trừu tượng xuất phát sao cho : Thứ nhất, cái trừu tượng xuất phát phải là cái đơn giản nhất, phổ biến nhất của đối tượng nghiên cứu, của cái cụ thể mà ta đang nghiên cứu. Thứ hai, cái trừu tượng xuất phát vừa là điểm xuất phát về mặt lôgic, vừa là điểm xuất phát về mặt lịch sử. Thứ ba, cái trừu tượng xuất phát phải chứa đựng những mầm mống của tất cả những mâu thuẫn biện chứng trong đối tượng nghiên cứu.

Sau khi chọn được đúng cái trừu tượng xuất phát rồi, tư duy chúng ta đi từ cái trừu tượng xuất phát đó đến những cái trừu tượng ngày càng đầy đủ hơn, có nhiều dấu hiệu hơn, cụ thể hơn, để cuối cùng hình thành một hệ thống những khái niệm trừu tượng, được sắp xếp theo một trật tự chặt chẽ, hợp lý, trong đó khái niệm sau hơn khái niệm trước, bao hàm khái niệm trước.

Hệ thống khái niệm đó chính là cái cụ thể trong tư duy, phản ánh cái cụ thể trong hiện thực khách quan mà ta nghiên cứu, bằng một hệ thống những khái niệm trừu tượng. Cái cụ thể trong tư duy là sự tổng hợp của nhiều định nghĩa trừu tượng, của nhiều khái niệm trừu tượng, phản ánh bản chất và quy luật vận động, phát triển của đối tượng nghiên cứu. Chính vì vậy, cái cụ thể trong tư duy là sự phản ánh sâu sắc nhất, toàn diện nhất cái cụ thể trong hiện thực khách quan mà ta nghiên cứu.

Ý nghĩa quan trọng của phương pháp đi từ trừu tượng đến cụ thể là ở chỗ : Đó là phương pháp để nhận thức sự vật một cách sâu sắc và toàn diện; đó là phương pháp để tổng kết kinh nghiệm, xây dựng lý luận.

b) Vận dụng vào dạy học vật lý

Quá trình nhận thức vật lý cũng luôn luôn xảy ra theo hai chiều ngược nhau : Từ cụ thể cảm tính (quan sát, thí nghiệm) đến trừu tượng (khái niệm, định luật) và từ trừu tượng đến cụ thể trong tư duy; nhờ thế mà hiểu biết của con người ngày càng được mở rộng hơn, vừa bao quát được thế giới, vừa gần gũi với thế giới khách quan. Nếu trong dạy học chỉ chú ý đến giai đoạn từ cụ thể (cảm tính) đến trừu tượng thì kiến thức sẽ trở thành kiến thức lí thuyết xa vời, không ứng dụng được vào thực tiễn. Còn nếu quá nhấn mạnh đến giai đoạn từ trừu tượng đến cụ thể thì tuy có thể rèn luyện cho học sinh biết ứng dụng những kiến thức khái quát vào những hoàn cảnh cụ thể nhưng không rèn luyện các em tìm ra cái trừu tượng khái quát đáng tin cậy để mà thực hiện tiếp giai đoạn sau chuyển từ trừu tượng đến cụ thể. Học sinh sẽ không có được khả năng phát hiện, sáng tạo ra cái mới mà chỉ vận dụng được cái đã biết vào hoàn cảnh cụ thể.

Cả hai quá trình đó bổ sung lẫn cho nhau trên con đường tìm kiếm phát minh các kiến thức vật lý và ứng dụng chúng vào thực tiễn, phục vụ lợi ích của con người, trong dạy học không nên coi nhẹ giai đoạn nào. Tuỳ theo từng trường hợp cụ thể, trong những điều kiện cụ thể, ta có thể nhấn mạnh giai đoạn này hay giai đoạn kia.

Ví dụ như : Khi nghiên cứu động lực học, dựa trên quan sát, thí nghiệm, khái quát hóa, trừu tượng hoá, ta hình thành được khái niệm lực và những qui luật tác động của nó (các định luật Niu tơn) nhưng muốn ứng dụng được các định luật đó thì phải xem những biểu hiện cụ thể của lực, các loại lực cụ thể trong thực tế mà ta có thể nhận biết và đo lường được, nghĩa là tiếp tục cụ thể hoá các lực, ngoài dấu hiệu chung của lực, còn có thêm những dấu hiệu riêng. Đó là các lực đàn hồi, hấp dẫn, ma sát ...

CHƯƠNG 4

SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM TRONG DẠY HỌC VẬT LÝ Ở TRƯỜNG PHỔ THÔNG

4.1. Phương pháp thực nghiệm trong nghiên cứu vật lý

4.1.1. Sự ra đời của phương pháp thực nghiệm trong sự phát triển của vật lý học

Trong thời cổ đại, khoa học chưa phân ngành và chưa tách khỏi triết học. Mục đích của nó là tìm hiểu và giải thích thiên nhiên một cách toàn bộ mà chưa đi vào từng lĩnh vực hiện tượng cụ thể. Lúc đó dưới chế độ chiếm hữu nô lệ, xã hội chia làm hai giai cấp : Giai cấp nô lệ thì phải lao động để nuôi sống xã hội nhưng không được hưởng quyền lợi gì, còn giai cấp chủ nô là chủ nhân của mọi của cải trong xã hội nhưng lại không lao động sản xuất. Những nhà "hiền triết" thời đó thuộc giai cấp chủ nô hoặc những người tự do, tất nhiên là coi trọng sự suy lý, sự tranh luận và coi khinh việc làm thí nghiệm là loại lao động chân tay. Các nhà hiền triết cổ đại cho rằng : Có thể dùng sự suy lý, sự tranh luận để tìm ra chân lý. Vì vậy, nhiều khi họ đã thay thế những mối quan hệ có thật nhưng mình chưa biết bằng những mối quan hệ do tự mình tưởng tượng ra. Tuy vậy, cũng có một số trường hợp, sự suy lý cũng dẫn đến những dự đoán thiên tài. Triết học tự nhiên phát triển theo hai hướng : Duy vật và duy tâm. Hai trào lưu đó đấu tranh với nhau trong một thời gian dài khoảng gần hai nghìn năm, nhưng phương pháp đấu tranh vẫn chỉ là suy lý và tranh luận nên không phân thắng bại.

Mặt khác, thời trung thế kỷ, giáo hội Gia tô có một địa vị tối cao trong đời sống xã hội châu Âu. Cho nên, Giáo hội đã dùng uy quyền của mình để chống lại khoa học mỗi khi khoa học chỉ ra một chân lý mới trái với kinh thánh, thậm chí còn dùng cả bạo lực để ngăn cản bước tiến của khoa học. Giáo hoàng Pôn II (thế kỷ XV) nói "Tôn giáo phải tiêu diệt khoa học vì khoa học là kẻ thù của tôn giáo". Giáo hội cho rằng chỉ có ý chúa mới là chân lý. Giáo hội Gia tô đã tổ chức ra toà án dị giáo vô cùng độc đoán và hà khắc để trừng trị những người có tư tưởng chống tôn giáo. Những toà án đó đã đốt sách, cầm tù, tra tấn, thiêu sống nhiều nhà khoa học vì "tội" bảo vệ và truyền bá những tư tưởng khoa học trái với kinh thánh. Trong số đó có Bêcơn bị cầm tù hơn 20 năm, Brunô bị thiêu sống. Giáo hội Gia tô thời trung thế kỷ đã huy động mọi biện pháp để ngăn chặn mọi bước tiến của khoa học.

Phải đến thế kỷ XVII, Galilê mới xây dựng được phương pháp mới - phương pháp thực nghiệm rất có hiệu quả trên con đường đi tìm chân lý, làm cho vật lý thực sự trở thành một khoa học độc lập, mở đường giải phóng khoa học, thực hiện cuộc cách mạng khoa học lần thứ nhất.

Galilê chống lại phương pháp giáo điều, kinh viện của các học giả thời bấy giờ. Ông chủ trương rằng những cuộc tranh luận suông là vô bổ, không thể dẫn đến chân lý. Muốn hiểu biết thiên nhiên phải trực tiếp quan sát thiên nhiên, phải làm thí nghiệm, phải "hỏi thiên nhiên" chứ không phải hỏi Aristôt hoặc kinh thánh. Lời Aristôt và kinh thánh không phải là sự quyết định cuối cùng, phải "để cho thiên nhiên phán xét, mỗi khi con người tranh luận với nhau về thiên nhiên". Ông cho rằng: Thiên nhiên tuân theo những quy luật khách quan của chính bản thân thiên nhiên, chứ không tuân theo ý muốn của một người nào hay một đấng thần linh nào.

Galilê được công nhận là ông tổ của vật lý thực nghiệm, người sáng lập ra phương pháp thực nghiệm. Trước kia, Acsimet đã chú trọng đến thực nghiệm và Rôgiơ đã đề cao thực nghiệm, nhưng chưa nêu lên được thành một phương pháp. Galilê đã sử dụng thực nghiệm một cách hệ thống và đã đề ra phương pháp thực nghiệm trong vật lý. Trước một hiện tượng tự nhiên cần tìm hiểu, Galilê bắt đầu bằng quan sát (trong tự nhiên hay trong các thí nghiệm) để xác định rõ vấn đề cần nghiên cứu, đưa ra một cách giải thích lý thuyết có tính chất dự đoán. Từ lý thuyết đó, ông rút ra những kết luận có thể kiểm tra được bằng thực nghiệm. Sau đó, ông bố trí thí nghiệm thích hợp, tạo điều kiện thí nghiệm và phương tiện thí nghiệm tốt nhất để có thể đạt được kết quả chính xác tin cậy được. Cuối cùng, ông đối chiếu kết quả thu được bằng thực nghiệm với lý thuyết ban đầu. Galilê nói : "Hãy đo đạc tất cả những gì đo đạc được và hãy làm cho những cái không đo đạc được trở thành đo đạc được" và "chỉ có khoa học của những cái đo đạc được mới thực sự là khoa học". Đo đạc chính xác và sử dụng toán học để đi đến những kết quả định lượng, biểu diễn mối quan hệ định lượng, đó là mục tiêu của Galilê. Ông nói "Cuốn sách thiên nhiên được viết bằng ngôn ngữ toán học".

Phương pháp của Galilê có tính hệ thống, tính khoa học, có chức năng nhận thức luận, tổng quát hoá về mặt lý thuyết những sự kiện thực nghiệm và phát hiện ra bản chất của sự vật hiện tượng. Galilê chưa tổng kết được phương pháp khoa học của mình. Về sau, các nhà khoa học khác đã kế thừa phương pháp đó và xây dựng cho nó ngày một hoàn chỉnh hơn. Nhờ phương pháp thực nghiệm đó mà trong nhiều thế kỷ sau, vật lý học đã tiến được những bước tiến lớn và còn thâm nhập vào nhiều ngành khoa học tự nhiên khác.

4.1.2. Nội dung của phương pháp thực nghiệm

Spaski đã nêu lên thực chất của phương pháp thực nghiệm của Galilê như sau : Xuất phát từ quan sát và thực nghiệm, nhà khoa học xây dựng một giả thuyết. Giả thuyết đó không chỉ đơn giản là sự tổng quát hoá các thí nghiệm đã làm, nó chứa đựng một cái gì mới mẻ, không có sẵn trong từng thí nghiệm cụ thể. Bằng phép suy luận lôgic và bằng toán học, nhà khoa học có thể từ giả thuyết đó mà rút ra một số hệ quả, tiên đoán một số sự kiện mới trước đó chưa biết đến. Những hệ quả và sự kiện mới đó lại có thể dùng thực nghiệm mà kiểm tra lại được. Nếu sự kiểm tra đó thành công, nó khẳng định sự đúng đắn của giả thuyết và khi đó, giả thuyết được coi là một định luật vật lý chính xác.

Như vậy, phương pháp thực nghiệm không phải đơn thuần là làm thí nghiệm một cách mò mẫm, ngẫu nhiên. Trước khi làm thí nghiệm, nhà khoa học đã phải dựa vào những quan sát ban đầu của mình hay của những nhà khoa học khác, nêu lên một số câu hỏi cần giải đáp, nghĩa là vạch rõ mục đích của thí nghiệm : Thí nghiệm để làm sáng tỏ cái gì? để hỏi thiên nhiên cái gì? Tiếp theo là phải bố trí thí nghiệm như thế nào, tức là tìm cách đặt câu hỏi cho thiên nhiên như thế nào để có thể thu được câu trả lời đơn giá ? Câu trả lời của thiên nhiên qua các kết quả của thí nghiệm là những dấu hiệu bề ngoài của sự vật, có thể quan sát được, cần phải phân tích, khái quát hoá những kết quả đó như thế nào để thu được những kết luận có giá trị tổng quát? Cuối cùng là, lời giải đáp thu được có thể áp dụng để giải quyết những vấn đề gì rộng rãi hơn nữa trong thực tế, nằm ngoài những thí nghiệm đã làm không ?

Phương pháp thực nghiệm đã thể hiện một quan điểm mới mẻ, sâu sắc về nhận thức tự nhiên, nhận thức chân lý. Niutơn đã làm rõ quan điểm đó bằng bốn qui tắc sau đây :

Qui tắc 1 : Đối với mỗi hiện tượng, không thừa nhận những nguyên nhân nào khác ngoài những nguyên nhân đủ để giải thích nó. Qui tắc này là sự khẳng định vai trò của lý trí con người trong sự nhận thức chân lý, gạt bỏ những luận điểm tôn giáo, kinh viện, không có liên quan đến khoa học.

Qui tắc 2: Những hiện tượng như nhau luôn luôn được qui về cùng một nguyên nhân. Qui tắc này thể hiện tư tưởng nhân quả, quyết định luận của Niutơn : Một nguyên nhân xác định phải gây ra một hệ quả xác định.

Qui tắc 3: Tính chất của tất cả các vật có thể đem ra thí nghiệm được, mà ta không thể làm cho nó tăng lên hoặc giảm xuống thì được coi là tính chất của mọi vật nói chung. Qui tắc này là sự quy nạp khoa học, cho phép ta khái quát hóa những trường hợp riêng lẻ để tìm ra những định luật tổng quát.

Qui tắc 4 : Bất kỳ khẳng định nào rút ra từ thực nghiệm, bằng phương pháp quy nạp đều là đúng chừng nào chưa có những hiện tượng khác giới hạn hoặc mâu thuẫn với khẳng định đó. Qui tắc này thể hiện quan điểm biện chứng về tính tương đối và tuyệt đối của chân lý. Nó thừa nhận mỗi chân lý khoa học đều có thể được chính xác hoá thêm, được hoàn chỉnh thêm từng bước một, nhưng trong mỗi bước của quá trình nhận thức nó vẫn hoàn toàn có giá trị khoa học.

Với phương pháp và tư tưởng nói trên, Niutơn đã đạt được những thành tựu rực rỡ trong nghiên cứu cơ học và ảnh hưởng sâu sắc đến toàn bộ sự phát triển của vật lý học trong nhiều thế kỷ sau. Trong hơn ba thế kỷ, kể từ khi phương pháp thực nghiệm ra đời, vật lý học đã tiến những bước khổng lồ, phân thành nhiều ngành và mỗi ngành có những đặc thù riêng. Risa Fâyman- nhà vật lý lý thuyết nổi tiếng của thế kỷ 20 nhận xét rằng : "'Ở thời đại Niutơn, kiến thức chưa hoàn chỉnh, Niutơn có thể phỏng đoán các định luật bằng cách đối chiếu các khái niệm và sự hiểu biết gần với thực nghiệm. Giữa sự quan sát và sự kiểm tra lại bằng thực nghiệm không có một khoảng cách lớn". Ngày nay, vật lý học đã đi vào những lĩnh vực vi mô của nguyên tử và hạt nhân, hay lĩnh vực của những hạt chuyển động với vận tốc cực lớn. Đối với những lĩnh vực ấy, chỉ dựa trên quan sát trực tiếp và công cụ toán học đơn giản thì khó lòng mà thành công được. Các nhà khoa học thế kỷ 20 đặc biệt quan tâm đến mặt lý thuyết của các vấn đề nghiên cứu, đã sử dụng mạnh mẽ công cụ toán học cao cấp, nhiều khi các nhà vật lý phải tự sáng tạo ra công cụ toán học mới để giải quyết các vấn đề của vật lý học. Trong thế kỷ này, kiến thức vật lý đã rất phong phú và sâu sắc, nhiều khi một nhà khoa học trong nhiều năm, thậm chí trong suốt cuộc đời mình cũng chỉ mới thực hiện được một phần của quá trình phát minh. Chẳng hạn như Anhstanh phát minh ra thuyết tương đối rộng từ năm 1916, nhưng phải mấy chục năm sau, người ta mới có thể tìm ra một số rất ít bằng chứng thực nghiệm để chứng tỏ sự đúng đắn của thuyết đó. Những bằng chứng thực nghiệm này không phải do Anhstanh mà do các nhà bác học khác tìm ra những nhà thực nghiệm.Mặt khác, đến giai đoạn này nhiều nhà bác học nổi tiếng không phải bằng các công trình lý thuyết đưa ra những dự đoán thiên tài mà bằng các công trình thực nghiệm rất khéo léo tài tình và chính xác; nhờ thế mà hoặc là khẳng định sự đúng đắn của lý thuyết hoặc phát hiện ra những sự kiện mới làm xuất phát điểm cho những lý thuyết mới.

Trong toàn bộ quá trình đi tìm chân lý thì phải phối hợp cả xây dựng lý thuyết và kiểm tra bằng thực nghiệm, nhưng trong hoạt động của mỗi nhà khoa học thì có thể thực hiện một trong hai khâu: bởi vậy, ngày nay phân ra hai ngành: vật lý lý thuyết và vật lý thực nghiệm. Theo cách phân chia này, phương pháp thực nghiệm có thể hiểu theo nghĩa hẹp sau đây : Từ lý thuyết đã biết, suy ra hệ quả và dùng thí nghiệm để kiểm tra hệ quả. Nhà vật lý thực nghiệm không nhất thiết phải tự mình xây dựng giả thuyết mà giả thuyết đó đã có người khác đề ra rồi nhưng chưa kiểm tra được. Nhiệm vụ của nhà vật lý thực nghiệm lúc này là từ giả thuyết đã có suy ra một hệ quả có thể kiểm tra được và tìm cách bố trí một thí nghiệm khéo léo tinh vi để quan sát được hiện tượng do lý thuyết dự đoán và thực hiện các phép đo chính xác.

4.2. Phương pháp thực nghiệm trong dạy học vật lý

4.2.1. Các giai đoạn của phương pháp thực nghiệm

Để giúp học sinh có thể bằng hoạt động của bản thân mình mà tái tạo, chiếm lĩnh được các kiến thức vật lý thì tốt nhất là giáo viên phỏng theo phương pháp thực nghiệm của các nhà khoa học mà tổ chức cho học sinh hoạt động theo các giai đoạn sau :

Giai đoạn 1 : Giáo viên mô tả một hoàn cảnh thực tiễn hay biểu diễn một vài thí nghiệm và yêu cầu các em dự đoán diễn biến của hiện tượng, tìm nguyên nhân hoặc xác lập một mối quan hệ nào đó, tóm lại là nêu lên một câu hỏi mà học sinh chưa biết câu trả lời, cần phải suy nghĩ tìm tòi mới trả lời được.

Giai đoạn 2 : Giáo viên hướng dẫn, gợi ý cho học sinh xây dựng một câu trả lời dự đoán ban đầu, dựa vào sự quan sát tỉ mỉ kỹ lưỡng, vào kinh nghiệm bản thân, vào những kiến thức đã có ... (ta gọi là xây dựng giả thuyết). Những dự đoán này có thể còn thô sơ, có vẻ hợp lý nhưng chưa chắc chắn.

Giai đoạn 3 : Từ giả thuyết dùng suy luận lôgic hay suy luận toán học suy ra một hệ quả : Dự đoán một hiện tượng trong thực tiễn, một mối quan hệ giữa các đại lượng vật lý.

Giai đoạn 4 : Xây dựng và thực hiện một phương án thí nghiệm để kiểm tra xem hệ quả dự đoán ở trên có phù hợp với kết quả thực nghiệm không. Nếu phù hợp thì giả thuyết trên trở thành chân lý, nếu không phù hợp thì phải xây dựng giả thuyết mới.

Giai đoạn 5 : Ứng dụng kiến thức. Học sinh vận dụng kiến thức để giải thích hay dự đoán một số hiện tượng trong thực tiễn, để nghiên cứu các thiết bị kỹ thuật. Thông qua đó, trong một số trường hợp, sẽ đi tới giới hạn áp dụng của kiến thức và xuất hiện mâu thuẫn nhận thức mới cần giải quyết.

4.2.2. Các mức độ sử dụng phương pháp thực nghiệm trong dạy học vật lý

Những bài học mà học sinh có thể tham gia đầy đủ vào cả 5 giai đoạn trên không nhiều. Đó là những bài mà việc xây dựng giả thuyết không đòi hỏi một sự phân tích quá phức tạp và có thể kiểm tra giả thuyết bằng những thí nghiệm đơn giản sử dụng những dụng cụ đo lường mà học sinh đã quen thuộc. Ví dụ như các bài : Định luật về sự rơi tự do, định luật III của Niutơn, qui tắc mômen về cân bằng của vật quay quanh một trục, định luật Bôilơ - Mariôt, định luật phản xạ ánh sáng...

Trong nhiều trường hợp, học sinh gặp khó khăn không thể vượt qua được thì có thể sử dụng phương pháp thực nghiệm ở các mức độ khác nhau, thể hiện ở mức độ học sinh tham gia vào các giai đoạn của phương pháp thực nghiệm.

Giai đoạn 1

Mức độ 1 : Học sinh tự lực phát hiện vấn đề, nêu câu hỏi. Giáo viên giới thiệu hiện tượng xảy ra đúng như thường thấy trong tự nhiên để cho học sinh tự lực phát hiện những tính chất hay những mối quan hệ đáng chú ý cần nghiên cứu. Ví dụ như cho học sinh quan sát sự rơi của nhiều vật khác nhau : Hòn gạch, tờ giấy, cái lá, miếng bấc, hòn bi, cái lông chim. Sự rơi xảy ra rất khác nhau. Những câu hỏi mà học sinh đã quen nêu ra là : Nguyên nhân nào khiến cho các vật rơi khác nhau? Sự rơi của các vật có gì giống nhau không?

Mức độ 2: Giáo viên tạo ra một hoàn cảnh đặc biệt trong đó xuất hiện một hiện tượng mới lạ, lôi cuốn sự chú ý của học sinh, gây cho họ sự ngạc nhiên, sự tò mò; từ đó, học sinh nêu ra một vấn đề, một câu hỏi cần giải đáp. Ví dụ : Dao chém gỗ thì gỗ đứt, cũng dao đó chém vào đá thì dao mẻ, vậy giữa lực của dao tác dụng vào gỗ (hay đá) và lực của gỗ (hay đá) tác dụng vào dao lực nào lớn hơn ?

Mức độ 3 : Giáo viên nhắc lại một vấn đề, một hiện tượng đã biết và yêu cầu học sinh phát hiện xem trong vấn đề hay hiện tượng đã biết, có chỗ nào chưa được hoàn chỉnh, đầy đủ cần tiếp tục nghiên cứu. Ví dụ : Sau khi đã học định luật cảm ứng điện từ, đã biết điều kiện phát sinh ra dòng điện cảm ứng, giáo viên yêu cầu học sinh xem muốn biết đầy đủ hơn về dòng điện cảm ứng còn phải xét vấn đề gì nữa ? Học sinh dựa vào hiểu biết đã có về dòng điện, sẽ có thể đề xuất hai câu hỏi mới : Độ lớn của dòng điện cảm ứng phụ thuộc những yếu tố nào? chiều của dòng điện cảm ứng được xác định thế nào?

Giai đoạn 2

Risa Fâyman cho rằng "Các định luật vật lý có nội dung rất đơn giản, nhưng biểu hiện của chúng trong thực tế lại rất phức tạp". Bởi vậy, từ sự phân tích các hiện tượng thực tế đến việc dự đoán những mối quan hệ đơn giản nêu trong các định luật là cả một nghệ thuật. Cần phải làm cho học sinh quen dần.

Mức độ 1 : Dự đoán định tính : Trong những hiện tượng thực tế phức tạp, dự đoán về nguyên nhân chính, mối quan hệ chính chi phối hiện tượng. Có thể có rất nhiều dự đoán mà ta sẽ phải lần lượt tìm ra cách bác bỏ. Ví dụ như trường hợp định luật cảm ứng điện từ, có thể bắt đầu từ dự đoán dựa trên sự quan sát đơn giản : Chuyển động tương đối giữa nam châm và ống dây, sau đó xây dựng dự đoán đòi hỏi sự phân tích tỉ mỉ hơn : Sự biến thiên từ thông qua ống dây.

Mức độ 2 : Dự đoán định lượng : Những quan sát đơn giản khó có thể dẫn tới một dự đoán về mối quan hệ hàm số, định lượng giữa các đại lượng vật lý biểu diễn các đặc tính của sự vật, các mặt của hiện tượng. Nhưng các nhà vật lý nhận thấy rằng : những mối quan hệ định lượng đó thường được biểu diễn bằng một số ít hàm số đơn giản như : Tỉ lệ thuận, tỉ lệ nghịch, hàm số bậc nhất, hàm số bậc hai, hàm số lượng giác...

Việc dự đoán định lượng có thể dựa trên một số cặp số liệu được biểu diễn trên đồ thị, dựa trên dạng của đồ thị mà dự đoán mối quan hệ hàm số giữa hai đại lượng. Ví dụ như : Dự đoán P tỉ lệ nghịch với V đối với một lượng khí xác định, ở nhiệt độ không đổi. Trường hợp định luật nêu lên mối quan hệ giữa ba đại lượng thì thông thường giữ một đại lượng không đổi, xét mối quan hệ giữa hai đại lượng kia rồi tổng hợp kết quả trong một công thức. Ví dụ như: Trường hợp định luật II Niutơn $F = m.a$, định luật Ôm cho một đoạn mạch $I = U : R$.

Mức độ 3 : Những dự đoán đòi hỏi một sự quan sát chính xác, tỉ mỉ, một sự tổng hợp nhiều sự kiện thực nghiệm, không có điều kiện thực hiện ở trên lớp, tóm lại là vượt quá khả năng của học sinh. Ở đây, giáo viên dùng phương pháp kể chuyện lịch sử để giới thiệu các giả thuyết mà các nhà bác học đã đưa ra. Ví dụ như : Trường hợp định luật vạn vật hấp dẫn, định luật bảo toàn năng lượng.

Giai đoạn 3

Việc suy ra hệ quả được thực hiện bằng suy luận lôgic hay suy luận toán học.Thông thường, ở trường phổ thông các phép suy luận này không quá khó. Vì biểu hiện trong thực tế của các kiến thức vật lý rất phức tạp, cho nên điều khó khăn là hệ quả suy ra phải đơn giản, có thể quan sát, đo lường được trong thực tế.

Mức độ 1 : Hệ quả có thể quan sát, đo lường trực tiếp. Ví dụ như hệ quả suy ra từ các giả thuyết về mối quan hệ giữa thể tích, áp suất và nhiệt độ của một lượng khí có thể đo trực tiếp bằng các dụng cụ : Bình chia độ, áp kế, nhiệt kế.

Mức độ 2 : Hệ quả không quan sát được trực tiếp bằng các dụng cụ đo mà phải tính toán gián tiếp qua việc đo các đại lượng khác. Ví dụ như giả thuyết về sự bảo toàn mv trong tương tác giữa hai vật không trực tiếp kiểm tra được bằng một dụng cụ đo động lượng mà phải tính toán gián tiếp qua việc đo m và đo v .

Mức độ 3 : Hệ quả suy ra trong điều kiện lý tưởng. Có nhiều trường hợp, hiện tượng thực tế bị chi phối bởi rất nhiều yếu tố tác động không thể loại trừ được, nhưng ta chỉ xét quan hệ giữa một số rất ít yếu tố (2 đến 3 yếu tố); như vậy, hệ quả suy ra từ giả thuyết chỉ là gần đúng. Ví dụ như trường hợp định luật bảo toàn năng lượng, ta không thể thực hiện được hệ cô lập như nêu trong giả thuyết.

Giai đoạn 4

Việc bố trí thí nghiệm kiểm tra thực chất là tạo ra những điều kiện đúng như những điều kiện đã nêu trong việc suy ra hệ quả.

Mức độ 1 : Thí nghiệm đơn giản, học sinh đã biết cách thực hiện các phép đo, sử dụng các dụng cụ đo. Ví dụ như thí nghiệm đo nhiệt lượng do dòng điện toả ra $Q = RI^2t$.

Mức độ 2 : Học sinh đã biết nguyên tắc đo các đại lượng nhưng việc bố trí thí nghiệm cho sát với các điều kiện lý tưởng có khó khăn. Giáo viên phải giúp đỡ bằng cách giới thiệu phương án làm để học sinh thực hiện. Ví dụ cách tạo ra hai vật tương tác cô lập khi xây dựng định luật bảo toàn động lượng : Phải cho hệ hai vật chuyển động trong không khí, trên đệm không khí hoặc trên bánh xe có ma sát lăn rất nhỏ. Tuỳ theo điều kiện trang bị mà tổ chức cho học sinh làm hoặc giáo viên biểu diễn để học sinh quan sát.

Mức độ 3 : Có nhiều trường hợp thí nghiệm kiểm tra là những thí nghiệm kinh điển rất phức tạp và tinh tế, không thể thực hiện ở trường phổ thông. Trong trường hợp này, giáo viên mô tả cách bố trí thí nghiệm rồi thông báo kết quả các phép đo để học sinh gia công các số liệu, rút ra kết luận hoặc giáo viên thông báo cả kết luận. Ví dụ như : Thí nghiệm kiểm tra định luật vạn vật hấp dẫn trên cân xoắn, thí nghiệm kiểm tra công thức của lực tương tác giữa hai điện tích điểm.

Giai đoạn 5

Những ứng dụng của các định luật thường có ba dạng : Giải thích hiện tượng, dự đoán hiện tượng và chế tạo thiết bị đáp ứng một yêu cầu của đời sống, sản xuất.

Mức độ 1 : Ứng dụng trong đó học sinh chỉ cần vận dụng định luật vật lý để làm sáng tỏ nguyên nhân của hiện tượng hoặc tính toán trong điều kiện lý tưởng: Vật chỉ bị chi phối bởi vài định luật đang nghiên cứu. Đó có thể là những bài tập do giáo viên nghĩ ra (ví dụ : Tính cường độ dòng điện qua các điện trở của một mạch điện mắc theo một sơ đồ nào đó), chứ không có ý nghĩa trong đời sống hay sản xuất hàng ngày.

Mức độ 2 : Xét một ứng dụng kỹ thuật đã được đơn giản hoá để có thể chỉ cần áp dụng một vài định luật vật lý. Ví dụ : Tính lực phát động của đầu máy ô tô để xe có khối lượng m có thể chuyển động nhanh dần đều với gia tốc a trên đường nằm ngang có hệ số ma sát giữa bánh xe và mặt đường là k.

Mức độ 3 : Xét một ứng dụng kỹ thuật trong đó không chỉ áp dụng các định luật vật lý mà còn cần phải có những giải pháp đặc biệt để làm cho các hiện tượng vật lý có hiệu quả cao, sao cho thiết bị được sử dụng thuận tiện trong đời sống và sản xuất. Trong loại ứng dụng này, học sinh không những phải vận dụng những định luật vật lý vừa được thiết lập mà còn phải vận dụng tổng hợp những hiểu biết, những kinh nghiệm về nhiều lĩnh vực khác của vật lý. Ví dụ : ứng dụng hiện tượng cảm ứng điện từ để có thể chế tạo ra được một máy phát điện sản xuất ra dòng điện có cường độ đủ mạnh dùng trong đời sống và sản xuất. Ngoài các kiến thức về nguyên nhân của dòng điện cảm ứng, còn cần biết cách bố trí sao cho khung dây quay trong từ trường, dùng các cổ góp để lấy dòng điện ra ngoài mà không làm cho dây bị xoắn đứt, dùng lõi sắt để tăng thêm độ từ thẩm, dùng các lá sắt ghép cách điện làm lõi để tránh dòng Fucô... Trong các bài học vật lý, không nên đi sâu vào các chi tiết kỹ thuật mà chỉ yêu cầu học sinh suy nghĩ về những vấn đề có tính chất nguyên tắc,còn giáo viên thông báo cho học sinh một số chi tiết kỹ thuật để họ có thể nhận dạng được những thiết bị kỹ thuật trong đời sống thực.

4.2.3. Phối hợp phương pháp thực nghiệm và các phương pháp nhận thức khác trong dạy học vật lý

Dạy học các kiến thức vật lý bằng phương pháp thực nghiệm là một hướng ưu tiên ở trường phổ thông. Để thực hiện mỗi giai đoạn của phương pháp thực nghiệm, đòi hỏi phải có suy nghĩ sáng tạo và có kỹ năng, kỹ xảo về nhiều mặt. Bởi vậy, người giáo viên phải tuỳ theo nội dung của mỗi kiến thức, tuỳ theo trình độ học sinh, tuỳ theo điều kiện trang bị ở trường phổ thông mà vận dụng linh hoạt các mức độ sử dụng phương pháp này. Cũng cần cân nhắc cả vấn đề thời gian dành cho mỗi bài học. Trong mỗi bài học cụ thể, giáo viên phải tính đến khả năng học sinh có thể thực hiện giai đoạn nào, ở mức độ nào là có thể thành công nhất và tập trung khai thác rèn luyện khả năng cho họ ở mặt đó.

Trong dạy học các định luật vật lý theo phương pháp thực nghiệm có hai trường hợp đáng lưu ý sau đây :

a) Có những định luật vật lý thực nghiệm nhưng việc suy luận quá phức tạp hoặc những thí nghiệm quá tinh vi, không có điều kiện thực hiện ở trường phổ thông, giáo viên có thể dùng phương pháp kể chuyện lịch sử để cho học sinh biết cách giải quyết của các nhà bác học.

b) Có những định luật trong lịch sử được phát minh bằng con đường thực nghiệm, nhưng ngày nay có thể coi như hệ quả của một định luật, một lý thuyết khái quát hơn. Những suy luận này học sinh có thể hiểu được...Bởi vậy, để rèn luyện khả năng suy luận sắc bén cũng như giảm bớt khó khăn về tổ chức thực hiện các thí nghiệm phức tạp cho nên không dạy học những định luật đó hoàn toàn theo phương pháp thực nghiệm mà chỉ sử dụng một yếu tố của phương pháp thực nghiệm là làm thí nghiệm kiểm tra minh hoạ kết luận thu được bằng suy luận lý thuyết.

Trong khi áp dụng phương pháp thực nghiệm, thường phối hợp với các phương pháp nhận thức khác như phương pháp phân tích - tổng hợp, phương pháp quy nạp - diễn dịch. Chẳng hạn: Ngay trong khi xây dựng giả thuyết đã phải dùng phương pháp phân tích - tổng hợp, khi xử lý các kết quả thí nghiệm phải dùng phương pháp quy nạp - diễn dịch...

4.2.4. Các ví dụ về việc sử dụng phương pháp thực nghiệm trong dạy học vật lý

Ví dụ 1 : Bài học nghiên cứu điều kiện cân bằng của một vật quay quanh một trục cố định (lớp 10)

1) Những quan sát đầu tiên cho thấy : Một vật có trục quay cố định (chẳng hạn như cánh cửa có bản lề) chịu tác dụng của một lực, vật sẽ quay nếu lực tác dụng có phương không cắt trục quay hoặc không song song với trục quay. Câu hỏi đầu tiên được đặt ra cho học sinh là : Làm thế nào để cho vật quay được dễ dàng? Kinh nghiệm hàng ngày cho phép học sinh đưa ra câu trả lời ban đầu : Vật càng dễ quay nếu lực càng lớn và khoảng cách từ trục quay đến điểm đặt của lực càng lớn. Phải chăng tác dụng làm quay của lực tỉ lệ với lực và tỉ lệ với khoảng cách từ trục quay đến điểm đặt của lực ?

Trường hợp vật chịu tác dụng của hai lực làm cho vật quay theo hai chiều ngược nhau thì điều kiện để cho vật cân bằng không quay là gì ?

2) Xây dựng giả thuyết

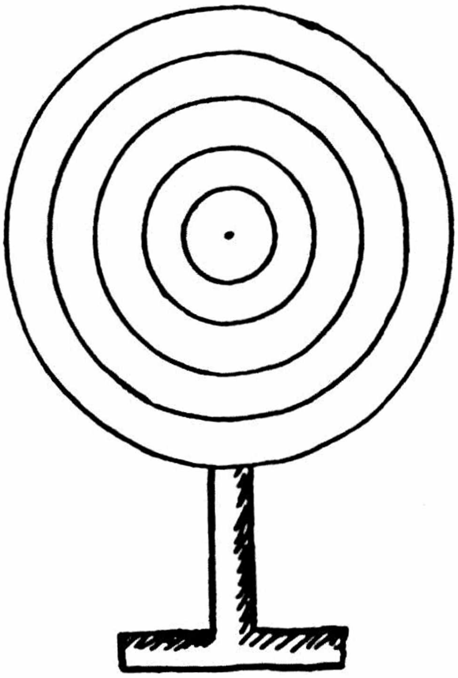
Có thể hướng dẫn học sinh lập luận như sau : Hai lực F_1 và F_2 cùng tác dụng lên vật, mỗi lực riêng làm cho vật quay theo chiều ngược chiều do lực kia làm quay vật. Nếu vật cân bằng, điều đó có nghĩa là tác dụng làm quay của hai lực phải bằng nhau và ngược chiều, bù trừ lẫn nhau.

3) Suy ra hệ quả

Ở trên, ta đã có nhận xét là tác dụng làm quay của lực tỉ lệ với lực tác dụng F và khoảng cách từ điểm đặt của lực đến trục quay l, ta có thể nghĩ đến tỉ lệ với tích F.l. Do đó, điều kiện cân bằng của vật chịu tác dụng của hai lực sẽ là : $F_1 . l_1 = F_2 . l_2$.

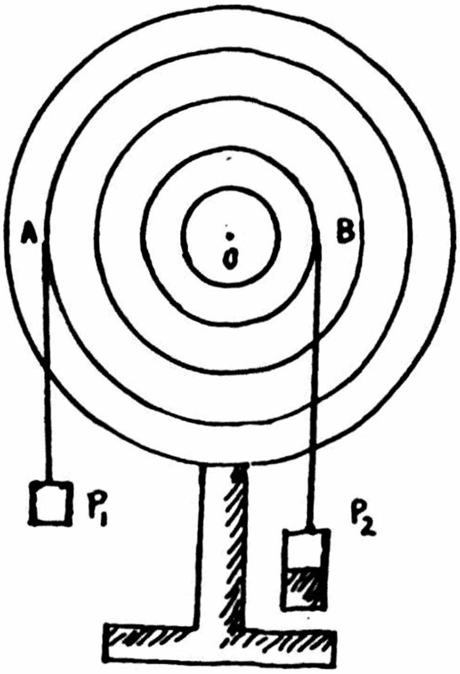
4) Thí nghiệm kiểm tra

Bố trí vật quay là một đĩa tròn có trục quay cố định nằm ngang xuyên qua tâm của đĩa (h.8).



Hình 8

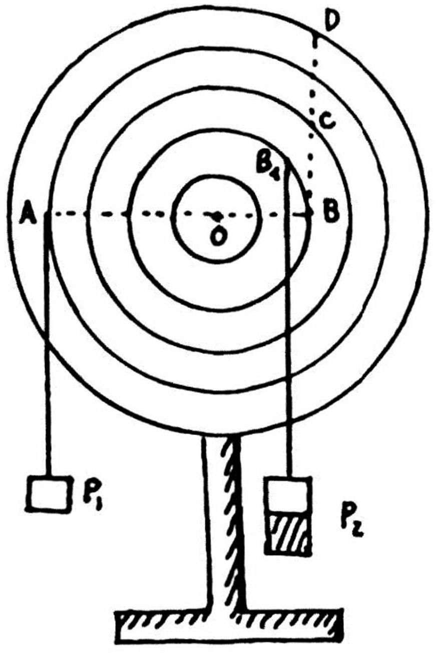
- Đầu tiên, dùng dây mềm treo một quả nặng có trọng lượng $P_1 = 0,5N$ vào một điểm A cách tâm đĩa (tức là trục quay) một khoảng $l_1 = 10cm$. Sau đó, treo quả nặng thứ hai có trọng lượng $P_2 = 1N$ vào một điểm B. Theo giả thuyết ở trên, để cho đĩa cân bằng thì B phải cách tâm đĩa một khoảng $l_2 = 1/2\ l_1 = 5cm$. Đầu tiên, học sinh lấy điểm B trên đường AO nằm ngang thì kết quả thí nghiệm cho thấy : vật cân bằng đúng như dự đoán (h.9).



Hình 9

- Vấn đề đặt ra là : Nếu B không nằm trên đường thẳng OA thì điều dự đoán trên có đúng nữa không ?

Học sinh di chuyển cho B ở một chỗ khác trên vòng tròn tâm O, bán kính OB, ví dụ ở B_1 (h.10) thì thấy đĩa không còn cân bằng nữa. Vậy giả thuyết trên không đúng, phải tìm giả thuyết khác.



Hình 10

- Học sinh tiếp tục làm thí nghiệm thăm dò, tìm các vị trí khác để treo quả nặng P_2 mà đĩa vẫn cân bằng. Có thể học sinh tìm thấy nhiều vị trí như C, D chẳng hạn.

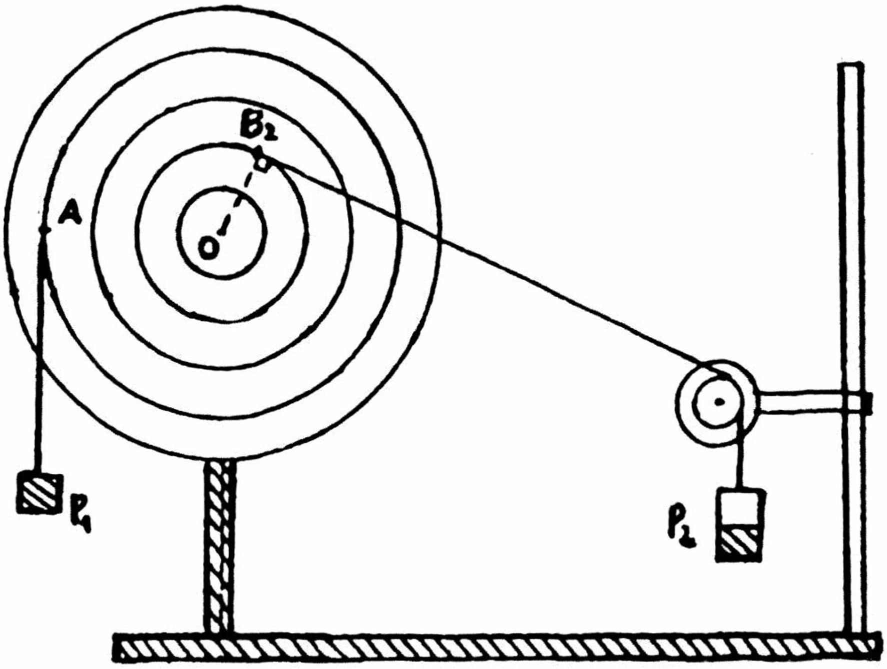
Để xây dựng giả thuyết mới, cần nhận xét : Khi treo P_2 ở các vị trí B, C, D, đĩa vẫn cân bằng, mặc dù các tích số $P_2.OB$, $P_2.OC$ $P_2.OD$ là khác nhau. Vậy có đặc điểm gì chung cho cả 3 trường hợp đặt lực P_2 này ? Dễ dàng nhận thấy : Trong cả 3 trường hợp, tuy khoảng cách OB, OC, OD từ trục quay đến điểm đặt của lực P_2 là khác nhau, nhưng khoảng cách từ trục quay đến giá của lực vẫn là OB. Trong cả 3 trường hợp ta đều có : $P_1.OA = P_2.OB$, trong đó OA là khoảng cách từ trục quay đến giá của lực P_1.

Khoảng cách từ trục quay đến giá của lực được gọi là tay đòn của lực và được kí hiệu là d. Nếu gọi tay đòn của lực P_1 là d_1 và tay đòn của lực P_2 là d_2 , ta có giả thuyết mới về điều kiện cân bằng của lực là :

$$P_1.d_1 = P_2.d_2.$$

- Kiểm tra giả thuyết mới.

Ta bố trí thí nghiệm trong đó lực P_2 được truyền theo sợi dây vắt qua một ròng rọc để đổi phương của lực nhưng không thay đổi độ dài tay đòn d_2 của lực (hình 11). Ta thấy : Nếu ta thay đổi phương tác dụng của lực mà vẫn giữ độ dài tay đòn của lực không đổi thì đĩa vẫn cân bằng.



Hình 11

Như vậy, giả thuyết mới có ý nghĩa tổng quát, có thể tổng kết lại thành qui tắc.

Đến đây, giáo viên lưu ý học sinh là tích số của lực với tay đòn của nó có một ý nghĩa quan trọng trong việc nghiên cứu tác dụng làm quay của lực, cho nên được đặt một tên riêng là mômen của lực, ký hiệu là M và M = F.d. Sau đó, dùng khái niệm mômen lực để phát biểu quy tắc về điều kiện cân bằng của một vật quay quanh một trục cố định.

5) Ứng dụng

Trước hết, áp dụng qui tắc cân bằng này để giải thích những hiện tượng đã nêu ra ban đầu :

- Lực có giá đi qua (cắt) trục quay : d = 0 nên M = 0, do đó lực này không làm cho vật quay.

- Lực song song với trục quay, có thể coi như cắt trục quay ở vô cực nên d = 0, M = 0 : Vật cũng không quay.

- Mở rộng qui tắc này cho trường hợp vật có trục quay tạm thời và có nhiều lực tác dụng lên vật vẫn đúng.

- Có thể thông báo thêm : Sau này, ta còn dùng khái niệm mômen lực để nghiên cứu trường hợp vật không cân bằng mà quay có gia tốc quanh một trục.

Ví dụ 2 : Bài học về định luật cảm ứng điện từ (lớp 11)

1) Đầu tiên, giáo viên nhắc lại thí nghiệm Ơcstet mà học sinh đã biết : Chung quanh dây dẫn có dòng điện chạy qua có một từ trường, nói cách khác là dòng điện sinh ra từ trường. Một câu hỏi thông thường hay được đặt ra là : Ngược lại, từ trường có thể sinh dòng điện hay không và trong trường hợp nào có thể sinh ra được ?

Đối với đa số học sinh thì phần đầu của câu hỏi là quá khó. Câu trả lời dòng điện có thể sinh ra từ trường là một phát minh vĩ đại của nhà bác học thiên tài Faraday. Nhưng ngày nay, người ta đã biết cách dùng nam châm để tạo ra dòng điện, cho nên giáo viên có thể thực hiện một thí nghiệm đơn giản để qua đó học sinh có thể thấy ngay rằng có thể dùng từ trường để tạo ra dòng điện. Vấn đề còn lại là: Trong trường hợp nào thì từ trường có thể tạo ra dòng điện ? Thí nghiệm được tiến hành như sau :

- Đưa một cực của một thanh nam châm lại gần một ống dây kín : Trong ống dây có dòng điện.

- Đặt nam châm đứng yên trong ống dây : Trong ống dây không có dòng điện.

- Kéo nam châm ra xa ống dây : Trong ống dây có dòng điện.

2) Xây dựng giả thuyết : Giáo viên yêu cầu học sinh dự đoán nguyên nhân nào sinh ra dòng điện trong ống dây ?

Về mặt hình thức, học sinh có thể nhận ra nguyên nhân chung sau ba lần thí nghiệm trên : Khi có chuyển động tương đối giữa nam châm và ống dây dẫn thì trong ống dây xuất hiện dòng điện. Nói cách khác : Chuyển động tương đối giữa nam châm và ống dây là nguyên nhân sinh ra dòng điện trong ống dây (gọi là dòng điện cảm ứng).

3) Từ giả thuyết trên, suy ra hệ quả : Đối với mọi loại nam châm, khi không có chuyển động tương đối với ống dây thì trong ống dây không có dòng điện cảm ứng.

4) Thí nghiệm kiểm tra : Dùng một nam châm điện có dòng điện thay đổi được. Đặt nam châm điện nằm im bên trong ống dây và hoàn toàn cách điện với ống dây. Làm thay đổi dòng điện qua nam châm điện (bằng một biến trở), trong ống dây vẫn có dòng điện cảm ứng.

Như vậy, kết quả thí nghiệm không phù hợp với hệ quả dự đoán. Giả thuyết ở trên là không đúng, phải xây dựng giả thuyết mới.

Giáo viên gợi ý cho học sinh: Giả thuyết mới phải tìm ra nguyên nhân chung của hai thí nghiệm trên. Ở đây, có khó khăn cao hơn vì về mặt hình thức bên ngoài, không trực tiếp quan sát được điểm chung nào, cần phải phân tích sâu sắc hơn. Giáo viên gợi ý thêm rằng: Có lẽ ở đây không phải là mối quan hệ trực tiếp giữa nam châm và ống dây mà là giữa từ trường của nam châm với ống dây, nhưng ta không quan sát được trực tiếp từ trường. Vậy làm thế nào mà phát hiện ra những biến đổi của từ trường đối với ống dây? Học sinh đã biết mô hình đường cảm ứng từ để biểu diễn từ trường. Giáo viên hướng dẫn học sinh vẽ những đường cảm ứng từ của nam châm và suy nghĩ xem trong hai thí nghiệm trên, đường cảm ứng từ qua ống dây biến đổi thế nào?

Giáo viên có thể dùng bản giấy trong suốt có vẽ nam châm và các đường cảm ứng từ để di chuyển bên trên một bản giấy trắng vẽ ống dây.

Nhờ mô hình đường cảm ứng trên, học sinh có thể phát hiện ra trong hai thí nghiệm trên có điểm chung là : Khi số đường cảm ứng từ qua ống dây biến đổi thì trong ống dây xuất hiện dòng điện cảm ứng và đưa ra giả thuyết mới: Dòng điện cảm ứng xuất hiện trong ống dây khi từ thông qua ống dây biến đổi.

Kiểm tra giả thuyết mới: Học sinh đã biết công thức tính từ thông qua tiết diện S của ống dây $\phi = BS \cos \alpha$. Vậy bằng cách khác làm biến đổi từ thông qua tiết diện S của ống dây thì cũng sẽ xuất hiện dòng điện cảm ứng, ví dụ như giữ nguyên B và S mà thay đổi góc α, nghĩa là cho ống dây (hay một cuộn dây) quay xung quanh một trục trong từ trường.

Thí nghiệm kiểm tra : Giáo viên có thể dễ dàng lấy một máy phát điện nhỏ trong đó có một cuộn dây quay trong từ trường của một nam châm móng ngựa. Học sinh quan sát thấy dòng điện cảm ứng làm sáng một bóng đèn nhỏ. Như vậy, giả thuyết mới đã được khẳng định và có thể phát biểu thành định luật cảm ứng điện từ.

5)Các ứng dụng trong kỹ thuật của định luật cảm ứng điện từ sẽ được nghiên cứu tiếp trong những bài sau.

CHƯƠNG 5

SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM LÝ TƯỞNG TRONG DẠY HỌC VẬT LÝ Ở TRƯỜNG PHỔ THÔNG

5.1. Phương pháp thí nghiệm lý tưởng trong nghiên cứu vật lý

Thí nghiệm lý tưởng (TNLT) là một phương pháp suy luận lý thuyết về những hành vi của một đối tượng lý tưởng không có hoặc không thể có trong thực tế. TNLT là một dạng làm việc với các đối tượng thực trong những điều kiện lý tưởng hoặc với các mô hình lý tưởng của các đối tượng thực. Cũng do sự lý tưởng hoá này, không thể tiến hành TNLT nhờ một bố trí thí nghiệm thực, hoặc không thể thực hiện được trong thực tế.

Làm việc với các TNLT đã có từ sớm trong lịch sử khoa học, được thể hiện rõ nét trong lịch sử phát triển của vật lý học.

Ngay từ thời trước Galilê, các nhà khoa học cũng đã sử dụng một loạt các TNLT trong nghiên cứu của mình. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp, chúng vẫn chỉ là những suy nghĩ thuần lý và những hệ quả của chúng không phải bao giờ cũng được kiểm tra trong các thí nghiệm thực. Sở dĩ như vậy một phần là do lúc bấy giờ, người ta chưa quan tâm đến việc kiểm tra hoặc chưa đủ khả năng để thực hiện các thí nghiệm kiểm tra.

Chỉ đến Galilê, do ý thức được rõ ràng vai trò của sự lý tưởng hoá nên ông đã sử dụng nhiều mô hình cho sự nghiên cứu của mình. Thông qua các TNLT, Galilê đã chỉ ra một cách trực quan rằng : Tất cả các vật phải rơi nhanh như nhau, nếu không có sức cản của không khí. Ông cũng đã sử dụng TNLT để tìm ra nguyên lý quán tính. Các TNLT cũng đã được sử dụng nhiều lần trong lịch sử hình thành và phát triển nhiệt động lực học và thuyết động học phân tử. Chu trình đã được sử dụng trong nhiệt động lực học để định nghĩa thang nhiệt độ động lực học. Đó chính là sự diễn tả một TNLT, hoàn toàn không thể tiến hành được trong thực tế với độ chính xác cần thiết. TNLT của Macxoen đóng vai trò quyết định trong việc phát hiện đặc tính thống kê của nguyên lý thứ hai nhiệt động lực học.

Cũng như nhiều nhà vật lý khác, Anhstanh cũng đã sử dụng các TNLT trong quá trình nghiên cứu nhiều quá trình vật lý như : Sử dụng các TNLT để nghiên cứu chuyển động Braonơ, nghiên cứu lý thuyết nhiệt động lực học của hiệu điện thế giữa các kim loại và các dung dịch muối được phân ly hoàn toàn, sử dụng TNLT về phép đo một hiệu điện thế nhỏ ở các bình điện phân để nghiên cứu các lực phân tử, sử dụng các TNLT nhất là khi nghiên cứu một lĩnh vực mới mẻ (thuyết tương đối) hoặc một lĩnh vực còn nhiều tranh luận, chưa đưa ra được đầy đủ các mối liên hệ định lượng (cơ học lượng tử).

5.1.1. Mục đích sử dụng và vai trò của phương pháp thí nghiệm lý tưởng trong nghiên cứu vật lý

Cũng như với các phương pháp nhận thức khoa học khác, nhà khoa học sẽ sử dụng phương pháp TNLT, nếu như đối tượng nghiên cứu, mục đích nghiên cứu và tình trạng của sự nghiên cứu đòi hỏi phải sử dụng nó.

5.1.1.1. Mục đích sử dụng phương pháp thí nghiệm lý tưởng

Phương pháp TNLT thường được các nhà khoa học sử dụng nhằm đạt được các mục đích sau đây :

a) Tạo cơ sở để đề xuất những dự đoán mới về cấu trúc, chức năng của các đối tượng, quá trình cần nghiên cứu mà không thể thực hiện thông qua các thí nghiệm thực. Cụ thể là TNLT được sử dụng để nghiên cứu các tình huống thực nghiệm lý tưởng, không có trong thực tế, tức là nghiền cứu hành vi của các đối tượng lý tưởng dưới những điều kiện thuần khiết nhất.

Mặc dù các tình huống thực nghiệm trong TNLT không có trong thực tế nhưng việc nghiên cứu chúng giúp ta hiểu sâu sắc hơn, chính xác hơn các đối tượng, quá trình thực. Khi nhận xét về các TNLT của Anhstanh, Infen đã nêu rõ "Tuy các TNLT không bao giờ có thể tiến hành trong thực tế nhưng chúng sẽ giúp giải thích và làm thay đổi sự hiểu biết của chúng ta về thế giới xung quanh".

b) Trực quan hoá các hiện tượng, quá trình vật lý phức tạp, tạo điều kiện cho việc đề xuất những giả thuyết về các hiện tượng, quá trình này.

Ví dụ như : Trong các TNLT về thuyết tương đối, Anhstanh đã sử dụng các mô hình trực quan (các đồng hồ, tàu hoả, thang máy...) . Các mô hình này một mặt được sử dụng để xây dựng lý thuyết nhưng mặt khác cũng để trực quan hoá lý thuyết phản ánh các hiện tượng phức tạp.

c) Tạo cơ sở để phát biểu chính xác hơn, rõ ràng hơn vấn đề cần giải quyết, giúp xây dựng, lựa chọn hoặc chính xác hoá các giả thuyết, các mô hình hoặc giúp hình dung rõ ràng hơn các cách giải quyết khó khăn vấn đề đặt ra.

Điều này được thể hiện sinh động trong lịch sử các quan niệm sóng và hạt. TNLT "... đã giúp suy nghĩ nhằm làm sáng tỏ những vấn đề bị phê phán kịch liệt, không phụ thuộc vào việc thí nghiệm có thể tiến hành được trong thực tế hay không" (Heixenbec).

d) Với các mục đích sử dụng đã nêu trên , TNLT có thể là sự chuẩn bị cho các thí nghiệm thực .

Ngày nay, khi con người ngày càng đi sâu vào bản chất của vật chất thì càng đòi hỏi những thiết bị thực nghiệm phức tạp, đắt tiền và an toàn mà trước đây chưa từng biết đến. Do đó, càng cần phải có những phán định lý thuyết định hướng ban đầu. Phương pháp TNLT là một trong những phương pháp thích hợp nhất để tìm những phán định lý thuyết đó. Có thể chỉ ra nhiều ví dụ loại này trong lĩnh vực vật lý hạt nhân, vật lý các hạt sơ cấp : Dự kiến thí nghiệm nghiên cứu sự phân hạt của urani của nhà vật lý lý thuyết Lida Maixnơ, dự kiến thực hiện phản ứng dây chuyền của Giôliô - Quyri. Từ kinh nghiệm nghiên cứu của mình, Makhơ đã nhấn mạnh : TNLT nhiều khi đi trước "thí nghiệm vật lý", chuẩn bị cho nó và là một điều kiện cần thiết của thí nghiệm vật lý. Tuy nhiên, ngay cả trong trường hợp này, vẫn cần phân biệt rõ TNLT và thí nghiệm vật lý thực mà không thể gọi là "TNLT khả thi". TNLT hoàn toàn khác với tưởng tượng ra một thí nghiệm có thể làm được trong thực tế nhưng ta không làm.

5.1.1.2. Vai trò của phương pháp thí nghiệm lý tưởng trong nghiên cứu vật lý

Do phương pháp TNLT giúp nhà khoa học đạt được những mục đích nghiên cứu nêu trên nên nó có vai trò lớn lao trong nghiên cứu vật lý.

a) Trước hết, cần phải kể đến vai trò của nó trong việc tạo cơ sở cho sự ra đời của các thuyết vật lý mới. Chẳng hạn như : TNLT của Anhstanh về ánh sáng được phát ra từ một nguồn sáng đứng yên trong một gian phòng chuyển động thẳng đều đối với người quan sát ở ngoài phòng đã tạo cơ sở cho sự ra đời của thuyết tương đối hẹp. TNLT của Anhstanh về chiếc thang máy rơi tự do trong trường hấp dẫn và sau đó chuyển động trong không gian vũ trụ ở nơi không có trường hấp dẫn, với gia tốc bằng gia tốc trọng trường của trái đất là một trong những cơ sở để xây dựng nguyên lý tương đương Anhstanh trong thuyết tương đối rộng.

b) Nhiều khái niệm quan trọng của khoa học như các khái niệm quán tính, thế năng, điện thế, khái niệm không - thời gian, khái niệm về lưỡng tính sóng hạt của vật chất đã được hình thành thông qua những TNLT. Những khái niệm nằm càng sâu trong bản chất của sự vật, hiện tượng thì càng đòi hỏi phải có mức trừu tượng hoá cao, và vì vậy càng cần phải dùng đến phương pháp TNLT.

c) Plăng đã đề cao vai trò của phương pháp TNLT trong nhận thức vật lý, khi viết trong cuốn "Các con đường dẫn tới nhận thức vật lý" : TNLT khắc phục sự hạn hẹp của các giác quan chúng ta và của các phương pháp đo, tạo điều kiện hiểu thấu đáo các chi tiết của một quá trình ở một mức độ cao hơn. Với TNLT, trí tuệ của nhà nghiên cứu được nâng lên trên thế giới các công cụ đo đạc hiện có. Các TNLT giúp nhà nghiên cứu trong việc phát biểu các vấn đề, tạo các giả thuyết mà việc kiểm tra hệ quả của chúng qua các thí nghiệm thực sẽ mở ra cho nhà nghiên cứu hiểu biết về những mối quan hệ mới có tính quy luật.

TNLT là một phương pháp nhận thức khoa học không thể thiếu được cho công việc nghiên cứu của nhà vật lý, dù là nhà vật lý thực nghiệm hay nhà vật lý lý thuyết. Nó là một thành phần tất yếu gắn liền lý thuyết và thực nghiệm.

5.1.2. Các đặc điểm cơ bản của thí nghiệm lý tưởng

a) Trong các TNLT, diễn ra sự mô hình hoá lý tưởng các tình huống thực nghiệm thực

- Đối tượng của sự nghiên cứu không phải là đối tượng thực với sự đa dạng, phong phú các mối liên hệ của nó, mà là đối tượng lý tưởng (vật tự do, quả cầu đàn hồi tuyệt đối, chất điểm lý tưởng...). Các đối tượng này là các mô hình lý tưởng của đối tượng thực, chỉ có một số (hoặc một) mặt cơ bản của đối tượng thực, đại diện cho đối tượng thực trong TNLT.

- Các điều kiện mà "vật thay thế" này chịu tác động trong TNLT cũng là những điều kiện lý tưởng (ở rất xa các vật khác trong TNLT về chuyển động của vật tự do, vật trượt trên mặt phẳng nghiêng. hoàn toàn nhẵn trong TNLT về sự cân bằng của vật trên mặt phẳng nghiêng của Ximôn Stêvin, trong chân không tuyệt đối ở TNLT của Galilê về sự rơi tự do, sự cách nhiệt hoàn toàn trong TNLT về chu trình Các nô).

Trong TNLT, người ta loại bỏ những điều kiện thứ yếu, chỉ xem xét những điều kiện là cơ bản của mối quan hệ cần nghiên cứu, nghĩa là những điều kiện xác định đặc tính của mối quan hệ.

- Đồng thời, người ta cũng đưa vào TNLT "máy móc, dụng cụ" lý tưởng. Bởi vì chỉ xem xét những mối quan hệ cơ bản giữa "vật thay thế" và "máy móc, dụng cụ" lý tưởng lên trong TNLT, có thể không cần chú ý tới các tính chất của những "máy móc, dụng cụ" này, miễn là sự có mặt của chúng trong TNLT không gây ảnh hưởng tới sự tác động của các điều kiện lý tưởng lên "vật thay thế". Trong một số TNLT như các TNLT của Anhstanh, đưa vào "người quan sát" để nhằm làm trực quan, dễ hiểu hơn TNLT, để làm rõ vấn đề cần giải quyết. "Người quan sát" này có thể đưa ra khỏi cấu trúc của TNLT mà không làm cho đặc trưng nội dung của TNLT bị thay đổi đi.

Chính do đặc điểm này của TNLT mà ta không thể tiến hành nó trong thực tế, bởi vì trong thí nghiệm thực không thể tạo ra các đối tượng lý tưởng như vậy, không thể loại bỏ được hết hoàn toàn các ảnh hưởng phụ của điều kiện thí nghiệm, kể cả ảnh hưởng không mong muốn của máy móc, dụng cụ thí nghiệm tới kết quả thí nghiệm.

b) Trong các giai đoạn phát triển nhất định của vật lý học, phần lớn các TNLT làm việc với các mô hình trừu tượng như mô hình hình ảnh và mô hình toán học. Nhờ làm việc với các mô hình hình ảnh, TNLT làm cho các quá trình diễn ra trong nó trở nên dễ hiểu hơn. Tuy nhiên, các TNLT không phải chỉ giới hạn trong các thao tác với các mô hình hình ảnh. Việc phát hiện trong tư duy các mối liên hệ nhất định có thể dẫn tới toán học hoá mô hình lý tưởng được sử dụng trong TNLT, làm cho TNLT có cơ sở là một mô hình chứa đựng những mối liên hệ định lượng.

c) Khi tiến hành các thao tác tư duy trong TNLT, phải dựa vào các nguyên lý chung, các định luật đã biết, các điều kiện áp dụng chúng cũng như phải tuân thủ các quy tắc suy luận lôgic. Chính trên cơ sở này, TNLT có thể dẫn tới những kết luận mâu thuẫn với nguyên lý, định luật đã biết, tạo điều kiện để hình thành lý thuyết tổng quát hơn.

d) Mặc dù các TNLT không thể tiến hành được trong thực tế nhưng chúng có mối liên hệ chặt chẽ với các thí nghiệm thực.

- TNLT nhiều khi là sự lý tưởng hoá, ngoại suy của thí nghiệm thực trong giai đoạn trước đó. Chẳng hạn như : Chuyển động của hòn bi trên mặt phẳng nằm ngang nhẵn lý tưởng là trường hợp giới hạn của chuyển động trên mặt phẳng có ma sát.

- Những kết luận (hoặc hệ quả của chúng) rút ra từ TNLT phải được kiểm tra bằng thí nghiệm thực. "Kiến thức chỉ có thể phát triển từ sự so sánh cái nghĩ được với cái quan sát được" (Anhstanh). Ví dụ như : Tính đúng đắn của thuyết tương đối hẹp nói chung và của các kết luận rút ra từ các TNLT của Anhstanh về tính tương đối của sự đồng thời, của khoảng cách không gian và của khoảng thời gian nói riêng đã được khẳng định qua các thí nghiệm sau đó, trong đó có thí nghiệm của nhà vật lý Hafferle, Keatig trên máy bay được trang bị bốn đồng hồ nguyên tử bay quanh trái đất (1971). Thuyết tương đối hẹp đã trở thành một cơ sở lý thuyết của kỹ thuật hiện đại (thiết kế máy gia tốc, lò phản ứng hạt nhân, nhà máy điện nguyên tử).

e) Bởi vì TNLT không phải là sự tái tạo thí nghiệm thực nên nó đòi hỏi không chỉ vốn tri thức sâu sắc, suy luận chặt chẽ chính xác mà còn cả trực giác khoa học, đặc biệt là trí tưởng tượng phong phú của nhà khoa học. Đây là đặc điểm mà Anhstanh và Plăng cho là rất cần thiết đối với nhà nghiên cứu trong TNLT. Nhờ vốn tri thức sâu sắc, trí tưởng tượng của nhà nghiên cứu không những không bị thu hẹp mà còn được định hướng vào các con đường đúng đắn và trở thành tư duy sáng tạo thực sự, tìm ra "dây dẫn lối" đi sâu vào bản chất của hiện tượng, đạt được mục đích là làm chủ thế giới xung quanh.

5.1.3. Các giai đoạn chung của phương pháp thí nghiệm lý tưởng

Việc phân tích tiến trình thực hiện TNLT của các nhà khoa học cho thấy : Phương pháp TNLT gồm các giai đoạn chung sau đây :

1. Phân tích những hiện tượng thực, thí nghiệm thực để đặt vấn đề cho sự nghiên cứu tiếp theo bằng TNLT.

2. Xây dựng (hoặc tìm) một mô hình lý tưởng để thay thế đối tượng cần nghiên cứu trong TNLT. Mô hình này vận động theo những quy luật xác định trong các điều kiện lý tưởng bao gồm cả "các máy móc, dụng cụ" được lý tưởng hoá.

3. Dùng các thao tác tư duy, các suy luận lôgic hoặc toán học để phân tích những tiến trình khả dĩ của hiện tượng dựa theo những quy luật vận động của mô hình, khi biến đổi một cách có chủ định các điều kiện lý tưởng.

4. Phân tích những kết luận thu được, suy luận từ những kết luận đó ra các hệ quả mới, trong đó có việc xác định các thí nghiệm thực có thể tiến hành tiếp theo mà từ trước đến nay chưa biết.

5.2. Phương pháp thí nghiệm lý tưởng trong dạy học vật lý

5.2.1. Sự cần thiết của việc sử dụng phương pháp thí nghiệm lý tưởng trong dạy học vật lý

- Việc phát triển năng lực tư duy sáng tạo, năng lực giải quyết vấn đề của học sinh đòi hỏi phải tổ chức cho học sinh giải quyết các vấn đề học tập theo chính các phương pháp nhận thức vật lý, trong đó có quá trình giải quyết vấn đề bằng phương pháp TNLT. Phương pháp này đặc biệt giúp phát triển trực giác khoa học, tư duy lôgic chặt chẽ, năng lực phân tích sâu sắc thực tế và dự đoán diễn biến của hiện tượng.

- Thông qua việc làm quen với phương pháp TNLT, học sinh thấy được vai trò của phương pháp này và con đường hình thành kiến thức trong lịch sử nghiên cứu vật lý của các nhà khoa học.

- Nhiều TNLT giúp học sinh dễ hiểu hơn các kiến thức khó, không gặp các biểu hiện trực tiếp của nó trong đời sống hàng ngày, ví dụ như các kiến thức về thuyết tương đối hẹp.

5.2.2. Các khả năng sử dụng phương pháp thí nghiệm lý tưởng trong dạy học vật lý

a) Trong chương trình vật lý ở trường phổ thông, một số TNLT như các TNLT của Galilê về quán tính, TNLT về chu trình Các nô đã được trình bày trong sách giáo khoa. Tuy nhiên, các tác giả sách giáo khoa chưa nêu tường minh khái niệm TNLT nên có thể dẫn tới không phân biệt được : Đó là TNLT hay thí nghiệm thực và vì vậy, không phát huy hết được tác dụng của các TNLT này.

Ngoài việc nêu tường minh khái niệm TNLT khi đề cập các TNLT trên, có thể đưa thêm TNLT để lập phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử, TNLT của Stêvin về sự trượt của vật trên mặt phẳng nghiêng không có ma sát, các TNLT của Anhstanh về thuyết tương đối hẹp vào dạy học vật lý ở trường phổ thông.

b) Các TNLT có thể được sử dụng để tạo tình huống học tập (ví dụ : TNLT của Anhstanh về ánh sáng được phát ra từ một nguồn sáng đứng yên trong một gian phòng chuyển động thẳng đều đối với người quan sát ở ngoài phòng nhằm phát hiện mâu thuẫn giữa định lý cộng vận tốc cổ điển và nguyên lý về sự bất biến của độ lớn vận tốc ánh sáng trong chân không), để hình thành kiến thức mới (ví dụ : Các TNLT của Galilê đã nói ở trên, các TNLT của Anhstanh về tính tương đối của sự đồng thời, của phép đo thời gian và chiều dài) cũng như có thể được sử dụng trong giai đoạn củng cố kiến thức (ví dụ : TNLT của Stêvin nói ở trên).

5.2.3. Các ví dụ về việc sử dụng phương pháp thí nghiệm lý tưởng trong dạy học vật lý

Ví dụ 1 : TNLT của Galilê về quán tính (lớp 10)

Xuất phát từ điều sau đây quan sát được trong các thí nghiệm thực Một người đẩy một cái xe trên đường nằm ngang bằng phẳng, bất thình lình người đó không đẩy nữa. Chiếc xe sẽ tiếp tục đi một đoạn đường ngắn nữa trước khi dừng lại. Chúng ta hỏi : Làm thế nào để tăng được đoạn đường này? Chúng ta đều biết bằng kinh nghiệm của mình là có thể đạt được điều đó bằng nhiều cách : Lau dầu bánh xe và làm cho mặt đường nhẵn hơn. Bánh xe quay càng dễ dàng, con đường càng nhẵn thì chiếc xe càng tiếp tục chuyển động xa hơn. Như thế, lau dầu bánh xe và làm đường nhẵn thì được cái gì? Đơn thuần chỉ có thể là : Những ảnh hưởng bên ngoài đã bị giảm đi, ảnh hưởng của lực ma sát đã giảm bớt ngay ở cả trong các bánh xe cũng như giữa bánh xe và mặt đường. Quy luật thay đổi vận tốc của xe là hoàn toàn xác định: Lực ma sát tác dụng lên xe càng nhỏ thì vận tốc của xe càng giảm ít. Một câu hỏi mới đặt ra : Nếu lực ma sát giảm đến bằng không, nghĩa là trên mặt phẳng ngang hoàn toàn không có ma sát thì chiếc xe sẽ chuyển động thế nào?

Trong thực tế, không thể làm được một thí nghiệm thực để nghiên cứu trường hợp mặt phẳng ngang hoàn toàn không có ma sát, bởi vì không bao giờ và không ở đâu có thể hoàn toàn loại bỏ được ma sát.

Đến đây, ta bắt buộc phải làm một TNLT. Trong TNLT này, chiếc xe (đối tượng thực) đang chuyển động trên một mặt phẳng ngang (đối tượng thực) không có ma sát (trong điều kiện lý tưởng), theo quy luật đã biết sau đây : Vận tốc của chiếc xe giảm dần do có lực ma sát tác dụng, lực ma sát càng nhỏ thì vận tốc giảm càng ít, xe chạy được càng xa trước khi dừng lại.

Trong TNLT này, ta phải thực hiện một phép suy luận sau đây :

Lực ma sát cản lại chuyển động của xe làm cho vận tốc của xe giảm. Lực ma sát càng nhỏ, vận tốc xe càng giảm ít. Ta hãy tưởng tượng một con đường hoàn toàn nhẵn và các bánh xe hoàn toàn trơn, không có một chút ma sát nào, nghĩa là không có một cái gì cản lại xe thì vận tốc của nó sẽ không bị giảm, xe sẽ chạy thẳng đều mãi mãi.

Kết luận thu được từ TNLT trên là : Khi không có lực tác dụng thì vật đang chuyển động sẽ tiếp tục chuyển động thẳng đều.

Kết luận mới này không thể kiểm tra bằng thí nghiệm được, vì trong thực tế không thể loại bỏ hoàn toàn lực ma sát. Tuy vậy, thí nghiệm này giúp ta phát hiện được một tính chất mới của các vật thể mà ta không thể nhận biết được nhờ các quan sát thực. Đó là trường hợp : Khi không có lực tác dụng hoặc không bị ảnh hưởng của các vật khác tác dụng thì vật vẫn chuyển động thẳng đều. Nói cách khác, vận tốc của vật không phải là do lực gây ra mà là do bản thân vật có đặc tính đó, gọi là quán tính.Quán tính là tính chất của vật giữ nguyên vận tốc của nó khi không có lực bên ngoài tác dụng. Điều nói trên cũng đúng cho trường hợp dễ thấy hơn : Nếu lúc đầu vật đang đứng yên, nếu không có lực tác dụng vật sẽ tiếp tục đứng yên.

Hàng nghìn năm, loài người dựa vào quan sát thực hàng ngày không nhận thấy tính chất này. Galilê nhờ thí nghiệm lý tưởng phát hiện ra quán tính của vật và sau đó Niutơn đã khái quát hoá nhiều sự kiện khác nữa phát biểu thành định luật quán tính : Một trong ba định luật cơ bản của cơ học.

Ví dụ 2 : TNLT về tính tương đối của sự đồng thời (lớp 12)

a) TNLT của Anhstanh về tính tương đối của sự đồng thời

Giả sử có một toa tàu chuyển động thẳng đều trong không gian và có hai người quan sát (một người ở trong toa tàu, một người ở ngoài toa tàu). Tín hiệu ánh sáng được phát ra từ một nguồn sáng cố định ở chính giữa tàu. Ta đã biết rằng: Ánh sáng phát ra chuyển động với vận tốc như nhau theo mọi hướng đối với cả hai người quan sát.

- Người quan sát trong toa tàu khẳng định : Bởi vì đầu toa tàu và cuối toa tàu cách đều nguồn sáng và vận tốc ánh sáng là bằng nhau theo mọi hướng nên ông ta sẽ thấy tín hiệu ánh sáng đi từ chính giữa toa tàu đến đầu toa tàu và cuối toa tàu là đồng thời.

- Còn người quan sát ở ngoài toa tàu lại khẳng định : Tuy nguồn sáng chuyển động đối với hệ quy chiếu gắn với ông ta nhưng độ lớn vận tốc ánh sáng hoàn toàn giống như trong hệ quy chiếu gắn với người quan sát trong toa tàu (theo nguyên lý về tính bất biến của độ lớn vận tốc ánh sáng trong chân không). Mặc dù độ lớn vận tốc ánh sáng đối với ông ta theo mọi hướng là như nhau nhưng bởi vì đầu toa tàu có xu hướng chạy xa tín hiệu ánh sáng, còn cuối toa tàu lại đến gần tín hiệu ánh sáng nên đầu toa tàu sẽ gặp tín hiệu ánh sáng chậm một chút so với cuối toa tàu. Điều đó có nghĩa là : Tín hiệu ánh sáng phát ra từ giữa toa tàu gặp đầu toa và cuối toa không đồng thời.

- Như vậy, tín hiệu ánh sáng tới gặp đầu tàu và cuối tàu là đồng thời đối với người quan sát ở trong toa tàu, lại không đồng thời đối với người quan sát ở ngoài toa tàu. Hai biến cố xảy ra đồng thời trong hệ quy chiếu quán tính (qcqt) này có thể xảy ra không đồng thời trong hệ qcqt khác.

- Anhstanh cũng đã nêu ra cách thức nhận biết các tín hiệu ánh sáng đi từ nguồn sáng tới đầu tàu và cuối tàu đối diện nhau có đồng thời hay không như sau: Gắn cố định ở đầu tàu và cuối tàu hai đồng hồ chạy đồng bộ và quan sát ảnh của chúng trên màn vô tuyến truyền hình đặt ở giữa toa tàu. Nhờ quan sát ảnh của hai đồng hồ trên màn vô tuyến truyền hình, người quan sát có thể biết các biến cố xảy ra ở hai điểm xa nhau có đồng thời hay không.

b) Trên cơ sở nội dung TNLT trên của Anhstanh, nội dung của TNLT về tính tương đối của sự đồng thời đưa vào dạy học ở lớp 12 có thể được biến đổi chút ít và minh hoạ bằng các hình vẽ như sau :

Một con tàu (hệ S') chuyển động với vận tốc u về bên phải so với vệ đường (hệ S). Ở thời điểm các gốc toạ độ O và O' trùng nhau và cũng là thời điểm chọn $t = t' = 0$, một tín hiệu ánh sáng được phát ra từ O' (điểm giữa con tàu). Ta đã biết tín hiệu ánh sáng chuyển động với cùng một vận tốc đối với cả hai hệ quán tính S và S'.

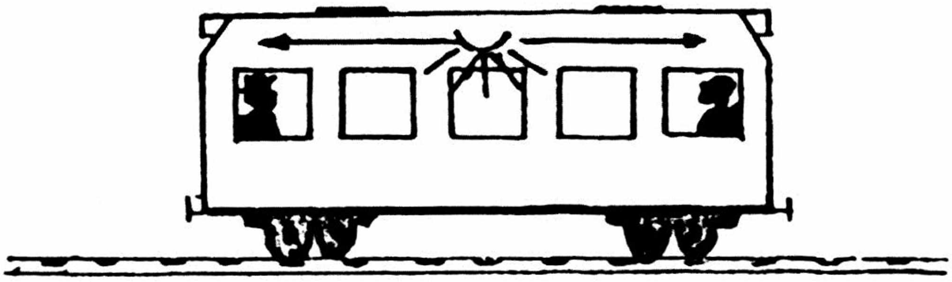
Bây giờ, chúng ta hãy dựa vào quy luật chuyển động của ánh sáng và điều kiện chuyển động thẳng đều của con tàu để xét xem các người quan sát đứng trên hai hệ qui chiếu sẽ quan sát được các tín hiệu ánh sáng đi đến điểm đầu toa tàu và điểm cuối toa tàu có đồng thời không?

- Hai người quan sát ngồi trong con tàu nhờ các đồng hồ chạy đồng bộ của mình khẳng định rằng : Tín hiệu ánh sáng tới điểm đầu tàu A' (biến cố 1) và tới điểm cuối tàu B' (biến cố 2) đồng thời cùng một lúc , tại thời điểm $t_1' = t_2' = t' = l/2c$, trong đó l : chiều dài con tàu ; c : vận tốc ánh sáng trong chân không (hình 12).

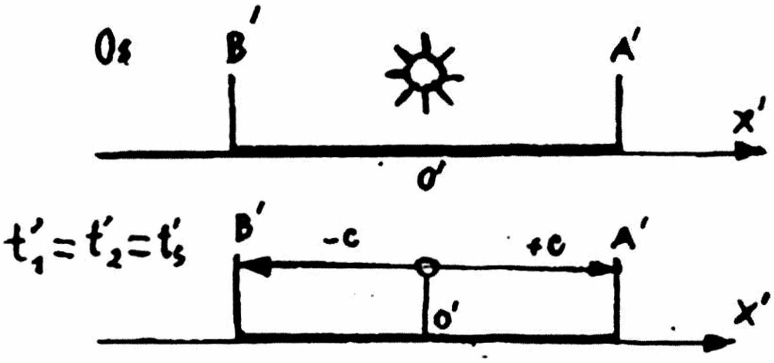
- Hai người quan sát đứng yên dưới vệ đường (hệ S) cũng nhờ các đồng hồ chạy đồng bộ của mình lại khẳng định : Tín hiệu ánh sáng sau t_1s tới điểm cuối tàu B và phải sau t_2s ($t_2 > t_1$) mới tới điểm đầu tàu A. Đối với hai người quan sát này, biến cố 2 (tín hiệu ánh sáng tới điểm cuối tàu) xảy ra trước biến cố 1 (tín hiệu ánh sáng tới điểm đầu tàu)(hình 13). Như vậy, hai biến cố không xảy ra một cách đồng thời với hai người quan sát này.

Thật vậy, đối với hai người quan sát này, tuy vận tốc tín hiệu ánh sáng từ nguồn tới A và tới B đều bằng c (theo tiên đề 2 của thuyết tương đối hẹp) nhưng do tàu chuyển động về bên phải nên quãng đường mà tín hiệu ánh sáng đi từ nguồn tới gặp điểm cuối tàu B ngắn hơn quãng đường mà tín hiệu ánh sáng đi từ nguồn tới gặp điểm đầu tàu A. Do đó, đối với hai người quan sát này, biến cố 2 (tín hiệu ánh sáng gặp điểm cuối tàu) sẽ xảy ra trước biến cố 1 (tín hiệu ánh sáng gặp điểm đầu tàu).

Từ các kết quả quan sát này, rút ra kết luận về tính tương đối của sự đồng thời : Các biến cố xảy ra ở các nơi cách nhau là đồng thời trong hệ qcqt này lại là không đồng thời trong hệ qcqt khác chuyển động tương đối đối với nó.

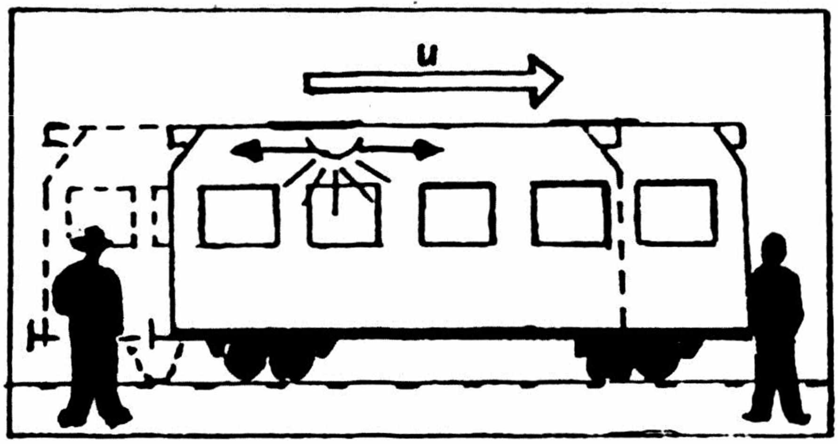


hình 12.a

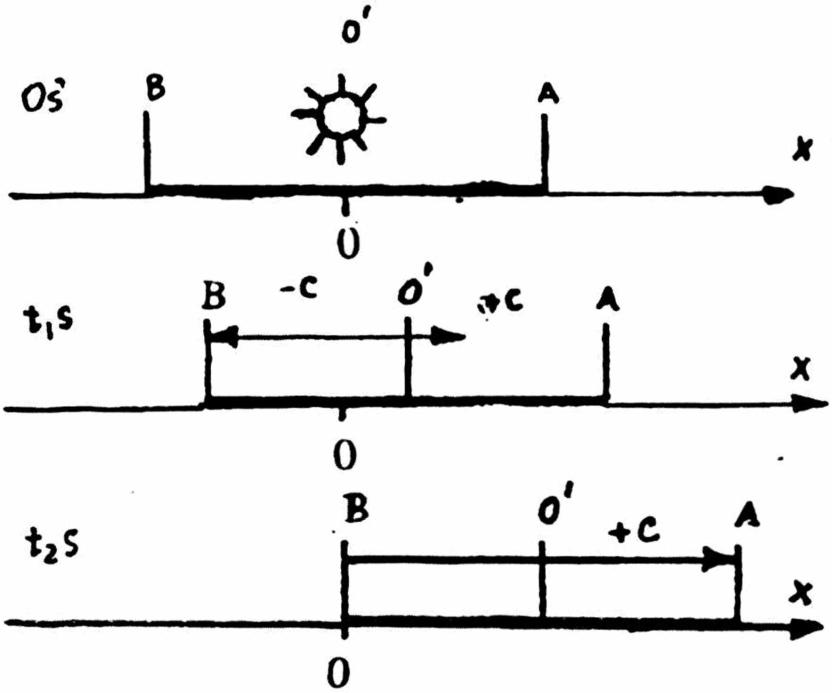

Os
B'
A'
x'
O'
$t'_1 = t'_2 = t'_s$
B'
-c
+c
A'
O'
x'

hình 12.b

Hình 12. Hai người quan sát ngồi trong con tàu quan sát sự lan truyền tín hiệu ánh sáng



hình 13.a


O'
Os
B
A
x
0
t₁s
B
-c
O'
+c
A
x
0
t₂s
B
O'
+c
A
x
0

hình 13.b

Hình 13 . Hai người quan sát đứng yên trên vệ đường tàu quan sát sự lan truyền tín hiệu ánh sáng

Tính đồng thời của các biến cố là tương đối. Nó phụ thuộc vào hệ quy chiếu của mỗi người quan sát. Không có một sự đồng thời tuyệt đối của các biến cố xảy ra tại các nơi cách nhau đối với các người quan sát trong các hệ qcqt khác nhau. Kết luận này trái hẳn với quan niệm của vật lý cổ điển : Hai biến cố xảy ra đồng thời trong hệ qcqt này thì nhất thiết cũng xảy ra đồng thời trong tất cả các hệ qcqt chuyển động tương đối đối với nó. Tuy nhiên, hàng ngày chúng ta không cảm nhận thấy điều này vì sự lệch về mặt thời gian này là vô cùng nhỏ, do vận tốc của con tàu là vô cùng nhỏ so với vận tốc của ánh sáng.

Có thể thông báo thêm với học sinh rằng: Hiện nay, trong các máy gia tốc có các hạt cơ bản chuyển động với vận tốc rất lớn vào cỡ vận tốc của ánh sáng, người ta đã quan sát được sự khác biệt đó.

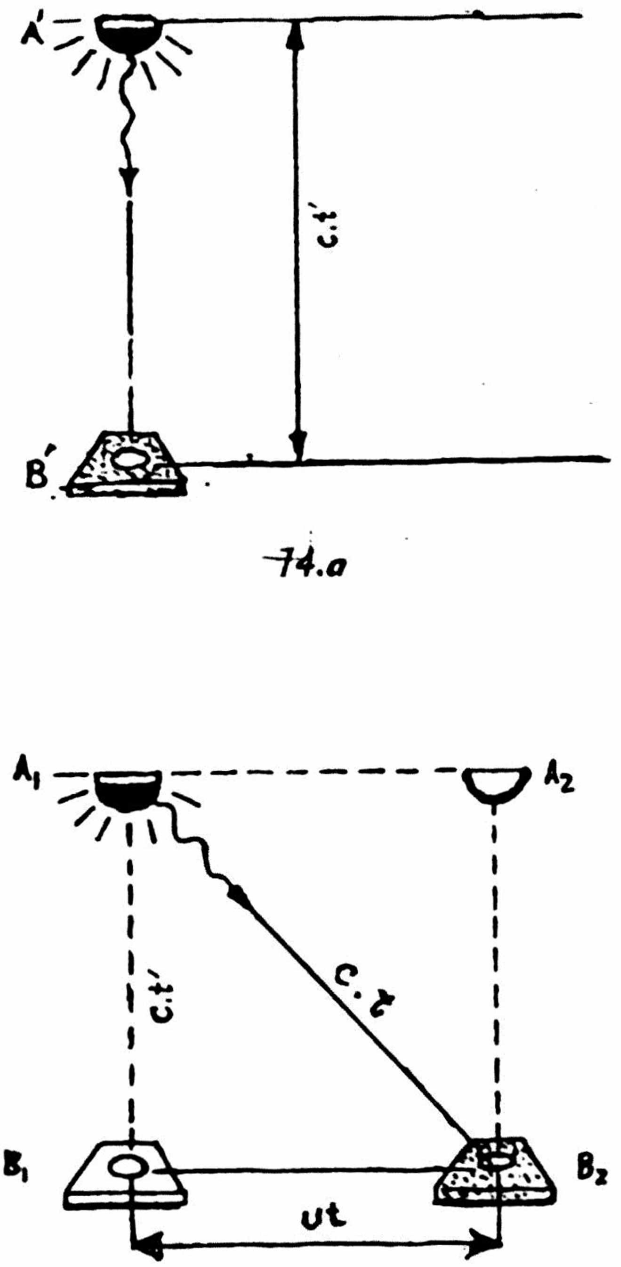
Ví dụ 3 : TNLT về tính tương đối của khoảng thời gian (lớp 12)

Ta tưởng tượng có một tín hiệu ánh sáng phát ra từ ngọn đèn A' trên trần một con tàu (hệ S') và đi xuống điểm B' ở sàn tàu (hình 14.a). Con tàu chuyển động thẳng đều với vận tốc u đối với vệ đường tàu (hệ S) về bên phải.

- Người quan sát trong con tàu đo khoảng thời gian t' để tín hiệu ánh sáng đi từ ngọn đèn (điểm A') tới sàn tàu (điểm B'). Đối với người quan sát này, tín hiệu ánh sáng đi được đoạn đường h trong khoảng thời gian t' với vận tốc là c và h = ct'.

- Người quan sát đứng dưới vệ đường lại thấy rằng : Do con tàu chuyển động với vận tốc u về bên phải nên tín hiệu ánh sáng cũng với vận tốc là c (theo tiên đề 2 thuyết tương đối hẹp) đi được một đoạn đường theo hướng cạnh huyền tam giác vuông $A_1B_1B_2$ dài hơn đoạn đường mà người quan sát trong tàu nhìn thấy (hình 14.b). Theo đồng hồ của người quan sát này, tín hiệu ánh sáng đi từ ngọn đèn tới sàn tàu mất một khoảng thời gian là t.

Các phép đo này được thực hiện nhờ các đồng hồ lý tưởng mà trong thực tế không thể thực hiện được vì vận tốc ánh sáng quá lớn, khoảng thời gian cần đo t và t' quá nhỏ.


A'
B'
c.t'
A₁
A₂
c.t'
c.t
B₁
B₂
ut

14.a

14.b

Hinh 14

- Từ hình 14.b, có thể rút ra mối liên hệ giữa t và t' :Đối với người quan sát trong hệ S' : h = ct' .Đối với người quan sát trong hệ S : $(ct)^2 = (ct')^2 + (ut)^2$.

Vậy : Đối với người quan sát trong hệ qcqt đứng yên S :

$$t = \frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \rightarrow t > t'$$

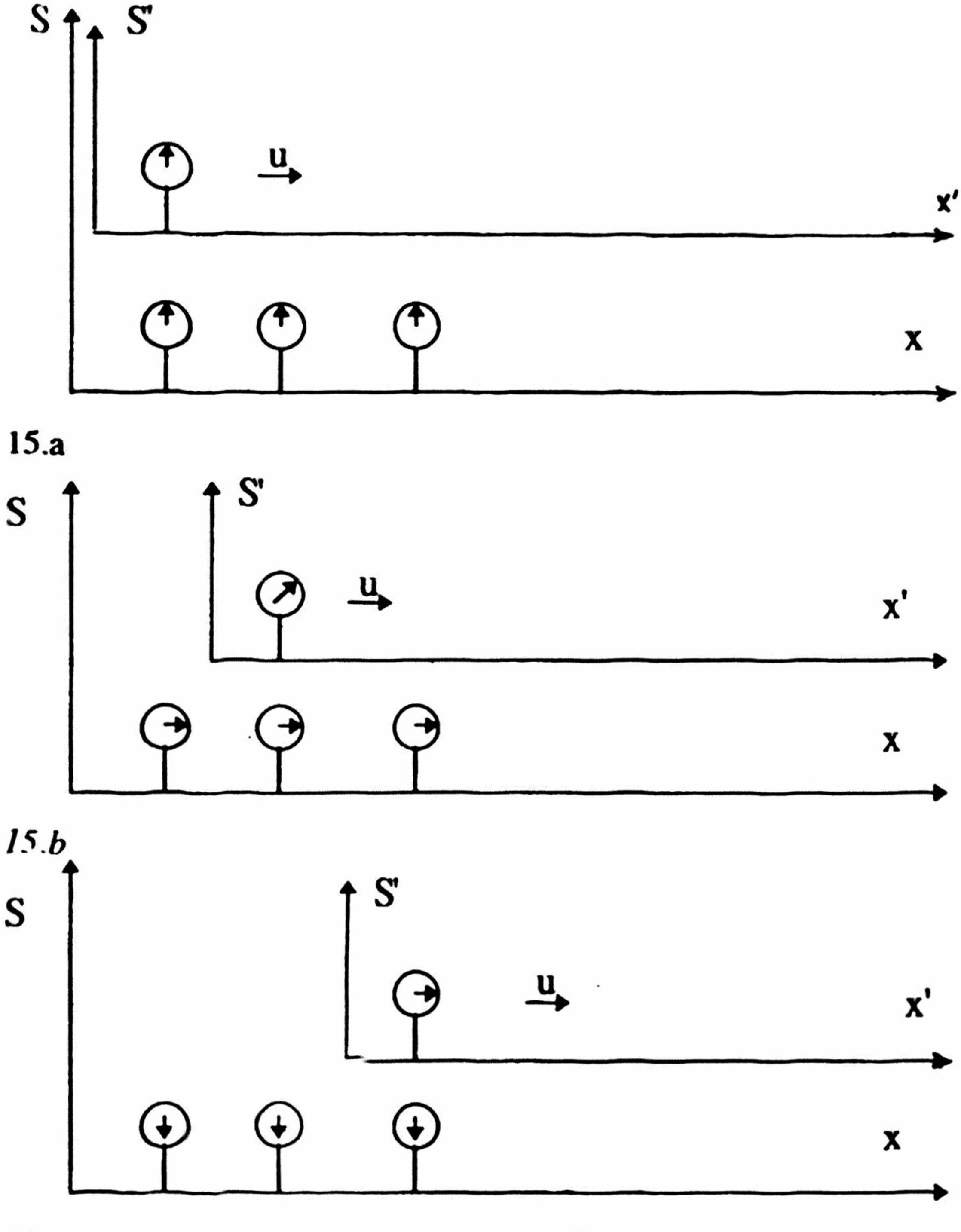
Đối với cùng một quá trình vật lý (tín hiệu ánh sáng đi từ trần tàu tới sàn tàu), người quan sát trên toa tàu (hệ S') đo được khoảng thời gian là t' thì người quan sát đứng dưới vệ đường (hệ S) lại đo được khoảng thời gian là t và t > t'.

Như vậy, nếu một vật (trong trường hợp này là toa tàu) chuyển động đối với người quan sát thì thời gian theo đồng hồ gắn với vật trôi chậm hơn thời gian theo đồng hồ gắn với người quan sát, tức là trôi chậm hơn thời gian theo đồng hồ gắn với vật khi nó đứng yên. Hiện tượng này được gọi là sự trôi chậm (sự giãn nở) của thời gian. Nói như Anhstanh, đồng hồ chuyển động phải thay đổi nhịp chạy của mình. Nhịp chạy của đồng hồ chuyển động bị chậm lại so với đồng hồ đứng yên. Kết luận này hoàn toàn trái với quan niệm của vật lý cổ điển : Thời gian trôi như nhau trong mọi hệ qcqt.

Anhstanh đã minh hoạ kết luận này bằng hình 15 biểu thị ba vị trí liên tiếp của hai hệ qcqt chuyển động thẳng đều đối với nhau.

- Giả sử lúc đầu vị trí của các kim đồng hồ trên và đồng hồ dưới là như nhau, tức là tất cả các đồng hồ chỉ cùng một thời gian (hình 15.a).

- Sau một thời gian nào đó, vị trí tương đối của hệ qcqt được biểu thị ở hình 15b. Tất cả các đồng hồ trong hệ qcqt S chỉ cùng một thời gian nhưng đồng hồ trong hệ qcqt S' không chạy cùng nhịp. Nhịp chạy của nó thay đổi và thời gian khác đi vì đồng hồ này chuyển động đối với hệ qcqt S.


S
S'
u
x'
x
S
S'
u
x'
x
S
S'
u
x'
x

15.a

15.b

15.c

Hinh 15

- Trên hình 15.c, sự khác nhau của vị trí các kim đồng hồ tăng lên theo thời gian.

Người quan sát đứng yên trong hệ qcqt S sẽ thấy : Nhịp chạy của đồng hồ chuyển động bị chậm lại so với các đồng hồ đứng yên.

Tất nhiên, cũng sẽ thu được kết quả này nếu đồng hồ chuyển động đối với người quan sát đứng yên trong hệ qcqt S'. Trong trường hợp này, ở hệ qcqt S' phải có nhiều đồng hồ, còn trong hệ qcqt S chỉ cần một đồng hồ.

Ta cũng dễ dàng nhận thấy rằng : Trong công thức liên hệ giữa t và t' được thiết lập dựa trên thí nghiệm lý tưởng ở trên, nếu u rất nhỏ so với c, tỉ số u/c gần bằng không thì không có sự khác nhau đáng kể giữa t và t' và thực tế ta thấy t = t'. Còn nếu u rất lớn, ví dụ u = c/2 thì sự khác nhau giữa t và t' là rất rõ, có thể quan sát được.

CHƯƠNG 6

SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP TƯƠNG TỰ TRONG DẠY HỌC VẬT LÝ Ở TRƯỜNG PHỔ THÔNG

Các sự vật, hiện tượng của thế giới khách quan tuy đa dạng và phong phú nhưng giữa chúng có mối quan hệ khách quan, có những dấu hiệu giống nhau và khác nhau. Vì vậy, con người có thể tận dụng những hiểu biết của mình về sự vật, hiện tượng này trong quá trình tìm hiểu sự vật, hiện tượng khác và có thể so sánh, sắp xếp chúng vào cùng một hệ thống. Để mô tả các mối quan hệ trên do con người phát hiện một cách có ý thức trong quá trình nhận thức của mình, người ta đã sử dụng các khái niệm "tương tự", "suy luận tương tự" và "phương pháp tương tự".

6.1. Sự tương tự

- Sự tương tự (TT) là sự giống nhau với các mức độ khác nhau của hai hoặc nhiều đối tượng (đối tượng vật chất hoặc đối tượng lý tưởng) về các dấu hiệu xác định (chẳng hạn về các tính chất, mối quan hệ, cấu trúc, chức năng).

Sự TT không phải chỉ có ở mặt bên ngoài mà nó nằm ngay trong bản chất của sự vật, hiện tượng. Sự TT có nguyên nhân sâu xa là sự thống nhất về bản chất bên trong của các sự vật, hiện tượng khác nhau, sự thống nhất về tính tổng quát của các quy luật chi phối chúng. Những sự TT giữa thế giới vi mô và thế giới vĩ mô, giữa giới vô sinh và giới hữu sinh, giữa tự nhiên và xã hội, giữa toán học và kỹ thuật đều có ý nghĩa sâu xa nói trên.

6.2. Suy luận tương tự

Suy luận tương tự (SLTT) là một phương pháp suy luận lôgic từ sự giống nhau về các dấu hiệu xác định của hai hoặc nhiều đối tượng, suy ra sự giống nhau về các dấu hiệu khác của chúng.

- SLTT có thể được diễn tả bằng sơ đồ sau:

$A(M_1, M_2, M_3, \dots, M_n, M_{n+1})$

$B(M_1, M_2, M_3, \dots, M_n) \xrightarrow{SLTT} B(M_{n+1})$

Nếu đã biết đối tượng A có các dấu hiệu $M_1, M_2, M_3, \dots, M_n, M_{n+1}$ và đối tượng B có các dấu hiệu $M_1, M_2, M_3, \dots, M_n$ thì có thể suy luận rằng: Đối tượng B cũng có thể có dấu hiệu M_{n+1}.

Tuy nhiên, sơ đồ trên không bao quát hết mọi SLTT, chẳng hạn sự TT về mặt cấu trúc giữa định luật vạn vật hấp dẫn và định luật Culông. Trường hấp dẫn và trường tĩnh điện chỉ có sự giống nhau về mặt cấu trúc của các phương trình biểu thị hai định luật, còn khác nhau ở tất cả các đặc điểm khác. Mặc dù vậy, người ta vẫn có thể từ các hiện tượng nhất định trong trường hấp dẫn, bằng suy luận rút ra các hiện tượng tương tự trong trường tĩnh điện.

6.2.1. Các dạng suy luận tương tự

Cần phân biệt các dạng SLTT sau: Suy luận về sự TT các tính chất, suy luận về sự TT các mối quan hệ, suy luận về sự TT cấu trúc - chức năng của các đối tượng.

6.2.1.1. Suy luận về sự tương tự các tính chất của các đối tượng

- Cấu trúc hình thức của dạng suy luận này là:

$A, B\ (T_1, T_2, \dots, T_n)$

$A(T_{n+1}) \xrightarrow{SLTT} B(T_{n+1})$

Nếu các đối tượng A và B giống nhau ở các tính chất T_1, T_2,....., T_n và đối tượng A còn có tính chất T_{n+1}thì có thể suy luận rằng: Đối tượng B cũng có thể có tính chất T_{n+1}. Như vậy, cấu trúc của dạng suy luận này phù hợp với cấu trúc cơ bản của SLTT đã nêu ở trên. Dạng suy luận này đã được sử dụng ngay từ thời Arixtôt.

- Ví dụ: Âm có các tính chất: Lan truyền theo mọi hướng (T_1), phản xạ (T_2), khúc xạ (T_3) và các tính chất của sóng (T_4). Ánh sáng cũng có các tính chất T_1, T_2, T_3. SLTT: ánh sáng cũng có thể có tính chất sóng (T_4).

6.2.1.2. Suy luận về sự tương tự các mối quan hệ giữa các đối tượng

- Cấu trúc hình thức của dạng suy luận này là:

$$A = B$$

$$AqC \quad \xrightarrow{SLTT} \quad BqC$$

Suy luận về sự TT các mối quan hệ có thể được tiến hành nếu hai đối tượng A và B là cùng loại. Nếu A có mối quan hệ q với C thì có thể suy luận rằng: B cũng có thể có mối quan hệ q với C.

- Mối quan hệ q có thể là:

• Mối quan hệ nhân quả, nghĩa là: C là nguyên nhân của A hoặc C là kết quả của A.

• Mối quan hệ đích - phương tiện, nghĩa là: C là phương tiện để đạt đích A hoặc C là đích đạt được nhờ phương tiện A.

• Mối quan hệ mô hình, nghĩa là: C như là mô hình của A.

• Mối quan hệ điều kiện, nghĩa là: C là điều kiện cho quá trình xuất hiện A.

• Mối quan hệ giữa các yếu tố của hai đối tượng khác nhau.

Các trường hợp trên chưa bao quát hết được sự TT các mối quan hệ đa dạng giữa các đối tượng.

a) Suy luận tương tự về mối quan hệ nhân quả

- SLTT này dựa trên kinh nghiệm là: Các nguyên nhân cùng loại (hoặc tương tự nhau) dưới những điều kiện như nhau, có thể sẽ gây ra những kết quả cùng loại (hoặc tương tự nhau).

- Cấu trúc hình thức của dạng suy luận về sự TT nguyên nhân:

$$\begin{array}{l}(A=B)\\ C_NA \xrightarrow{SLTT} C_NB\end{array}$$

$$\begin{tikzcd}\text{Kết quả A} \arrow[r, phantom, "="] & \text{Kết quả B} \\ \text{Nguyên nhân C} \arrow[u] \arrow[r, "SLTT"] & \text{Nguyên nhân C} \arrow[u, dotted]\end{tikzcd}$$

Các đối tượng A và B hình như là cùng loại. Nếu C là nguyên nhân của A thì có thể suy luận rằng: C cũng có thể là nguyên nhân của B.

Ví dụ: Ta quan sát tác dụng của một nam châm vĩnh cửu lên một kim nam châm (hiện tượng A) và của một dây dẫn có dòng điện chạy qua lên một kim nam châm (hiện tượng B), nhận thấy: Kim nam châm đều bị lệch đi. Ở trường hợp đầu, ta đã biết : Từ trường của nam châm vĩnh cửu (C) là nguyên nhân làm lệch kim nam châm. Ta có thể SLTT rằng : Dây dẫn có dòng điện chạy qua cũng tạo ra xung quanh nó một từ trường, từ trường này đã làm lệch kim nam châm.

- Cấu trúc hình thức của dạng suy luận về sự TT kết quả

$$\begin{array}{l}C_N(A,B)\\ A\,(D) \xrightarrow{SLTT} B(D)\end{array}$$

$$\begin{tikzcd}\text{Nguyên nhân 1} \arrow[r, phantom, "="] \arrow[d] & \text{Nguyên nhân 2} \arrow[d, dotted] \\ \text{Kết quả} \arrow[r, "SLTT"] & \text{Kết quả}\end{tikzcd}$$

Các đối tượng A và B cùng loại và cùng chứa nguyên nhân C. Nếu ở A chỉ ra có kết quả (hiệu ứng) D thì có thể suy luận rằng : Ở B cũng có thể có kết quả (hiệu ứng) D.

Ví dụ: Ta đã biết chất lỏng và chất khí đều là những chất có tính linh động, các phân tử không liên kết chặt chẽ với nhau. Các chất lỏng gây ra áp suất trong lòng chúng là do chúng có trọng lượng. Ta lại biết: Các chất khí cũng có trọng lượng. Vì vậy, ta có thể SLTT rằng: Các chất khí cũng gây ra áp suất ở trong lòng chúng.

b) Suy luận TT về mối quan hệ giữa đích và phương tiện

- Suy luận TT này dựa trên kinh nghiệm là: Các đích giống nhau có thể được thực hiện nhờ các phương tiện giống nhau và ngược lại.

- Cấu trúc hình thức của dạng suy luận về sự TT đích:

$$\begin{tikzcd}
\text{Phương tiện 1} \arrow[d] & = & \text{Phương tiện 2} \arrow[d, dotted] \\
\text{Đích} \arrow[rr, "\text{SLTT}"] & & \text{Đích}
\end{tikzcd}$$

Ví dụ: Ta đã biết: Các tính chất của ảnh tạo bởi thấu kính hội tụ và gương cầu lõm dưới những điều kiện giống nhau là giống nhau và lại biết: Có thể sử dụng một thấu kính hội tụ làm vật kính trong việc chế tạo kính thiên văn. Ta có thể SLTT rằng: Cũng có thể sử dụng gương cầu lõm làm vật kính trong việc chế tạo kính thiên văn.

- Cấu trúc hình thức của dạng suy luận về sự TT phương tiện :

$$\begin{tikzcd}
\text{Đích 1} \arrow[d] & = & \text{Đích 2} \arrow[d, dotted] \\
\text{Phương tiện} \arrow[rr, "\text{SLTT}"] & & \text{Phương tiện}
\end{tikzcd}$$

Ví dụ: Nếu đã biết: Có thể tạo được một ảnh quang học thật, nhỏ hơn vật rất nhiều nhờ một máy ảnh hoặc nhờ con mắt, dựa vào kiến thức về cấu tạo của máy ảnh, SLTT rút ra : Con mắt cũng có thể có cấu tạo như một máy ảnh. Cấu tạo của mắt có thể gồm : Một bộ phận đóng vai trò như vật kính của máy ảnh (một thấu kính hội tụ - thuỷ tinh thể), một bộ phận đóng vai trò như phim ảnh (võng mạc), một bộ phận đóng vai trò như màn chắn có lỗ con ngươi của máy ảnh (màng mống mắt - lòng đen và lỗ con ngươi), một bộ phận đóng vai trò như cửa sập của máy ảnh (mi mắt).

c) Suy luận TT về sự tương ứng

- Ngoài sự TT về các mối quan hệ giữa các đối tượng khác nhau được xét một cách toàn bộ, có thể còn tồn tại sự TT về các mối quan hệ giữa các yếu tố của các đối tượng này (sự TT tương ứng).

- SLTT về sự tương ứng là sự truyền (gán) mối quan hệ tồn tại giữa các yếu tố của một đối tượng này sang cho các yếu tố tương ứng của một đối tượng khác.

- Cấu trúc hình thức của dạng suy luận này:

$(a_1, a_2, \ldots, a_n)\ t(b_1, b_2, \ldots, b_n)$

$q(a_1, a_2, \ldots, a_n) \qquad \xrightarrow{\text{SLTT}} q(b_1, b_2, \ldots, b_n)$

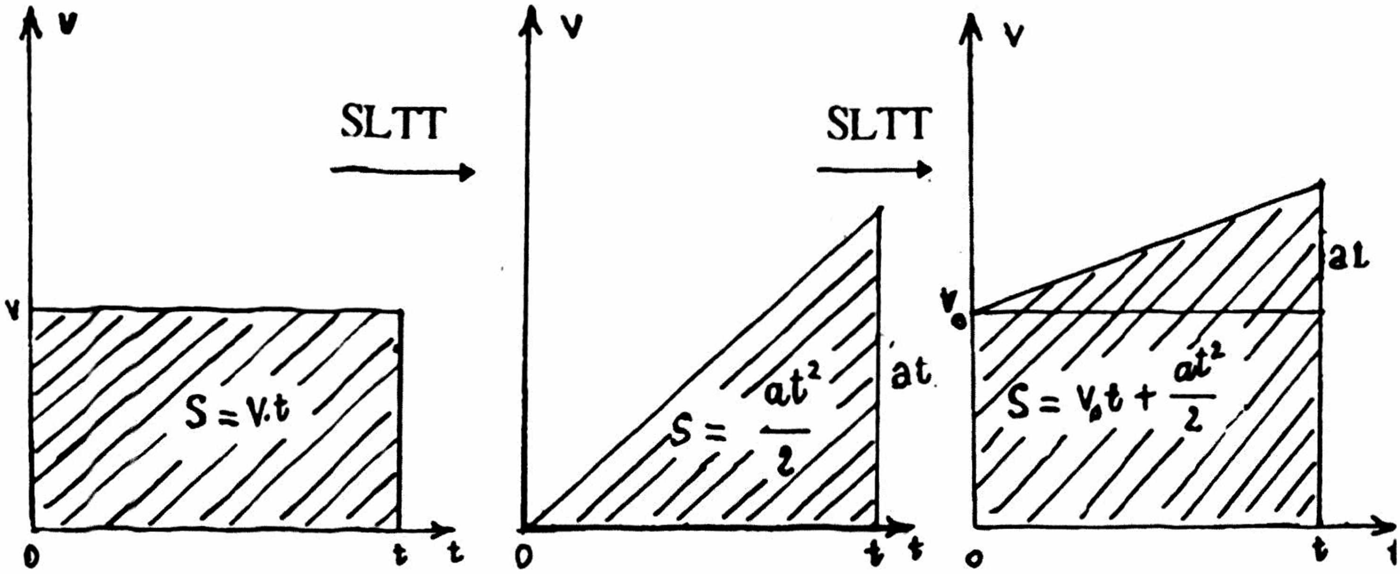
Nếu các yếu tố của đối tượng $A(a_1, a_2, \ldots, a_n)$ có sự tương ứng t với các yếu tố của đối tượng $B(b_1, b_2, \ldots, b_n)$ và giữa các yếu tố của đối tượng A tồn tại một mối quan hệ q thì có thể suy luận rằng : Giữa các yếu tố của đối tượng B cũng có thể tồn tại mối quan hệ q.

- Bởi vì mối quan hệ giữa hai hoặc nhiều đối tượng như là cái toàn bộ không tách rời với các mối quan hệ nhất định giữa các yếu tố của chúng nên sự TT về sự tương ứng thường là cơ sở cho các sự

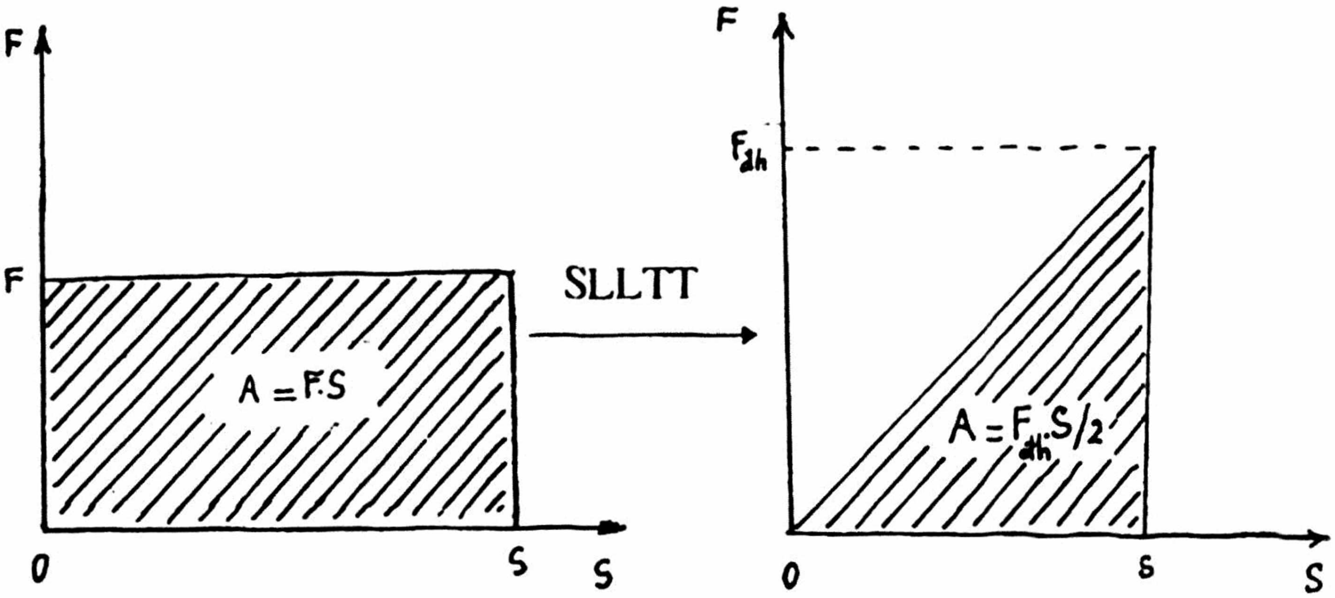
TTgiữa các đối tượng được xét một cách toàn bộ và dạng SLTT này thường xuyên được sử dụng.

Các ví dụ:

Ví dụ 1: Dựa trên cơ sở sự TT về sự tương ứng (chuyển động thẳng đều và chuyển động thẳng biến đổi đều đều có các đại lượng đặc trưng cho chuyển động là s và v), xuất phát từ kiến thức: Diện tích S giới hạn trong đồ thị vận tốc của chuyển động thẳng đều cho biết độ lớn quãng đường mà vật đi được trong chuyển động này, SLTT rằng: Diện tích S giới hạn trong đồ thị vận tốc của chuyển động thẳng biến đổi đều cũng cho biết độ lớn của quãng đường mà vật đi được trong chuyển động này.



Ví dụ 2: Cũng từ sự TT về sự tương ứng, SLTT rằng: Công của lực đàn hồi cũng có độ lớn bằng diện tích hình giới han trong đồ thị F-s như công dịch chuyển của lực không đổi: Công của lực đàn hồi $A = F_{dh} . s/2$.



6.2.1.3. Suy luận về sự tương tự cấu trúc và chức năng của các đối tượng

- Đây là một dạng cơ bản của SLTT. Để thể hiện được tính thống nhất biện chứng giữa cấu trúc và chức năng của các đối tượng, người ta chia dạng suy luận này thành hai loại: Suy luận về sự TT cấu trúc - chức năng và suy luận về sự TT chức năng - cấu trúc.

- Suy luận về sự TT cấu trúc - chức năng là dạng suy luận trừu tượng hóa khỏi các tính chất cụ thể, dựa vào sự giống nhau (TT) hoàn toàn hoặc một phần cấu trúc của hai đối tượng, rút ra kết luận về sự có thể giống nhau (tương tự) về mặt chức năng của chúng.

Ví dụ: Tuy lực hấp dẫn và lực tĩnh điện được gây ra bởi những nguyên nhân khác nhau và về mặt nội dung vật lý, không cho phép đồng nhất chúng nhưng có sự giống nhau về dạng của hai phương trình biểu thị định luật vạn vật hấp dẫn và định luật tĩnh điện:

$$F_{hd} = G\frac{m_1m_2}{r^2} \qquad F_{tđ} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1q_2}{r^2}$$

Xuất phát từ định luật vạn vật hấp dẫn, Niutơn đã tính toán được chuyển động của các hành tinh phù hợp với hai định luật Kêplơ được rút ra từ thực nghiệm trước đó. Tương tự như vậy, xuất phát từ định luật Culông, cũng có thể tính toán được chuyển động của các điện tích điểm trong trường tĩnh điện.

Sử dụng SLTT rút ra kết luận: Chuyển động của các điện tích điểm trong trường tĩnh điện cũng sẽ tuân theo hai định luật Kêplơ.

- Suy luận về sự TT chức năng - cấu trúc là dạng suy luận dựa trên sự giống nhau (hoặc TT) về mặt chức năng của hai đối tượng, rút ra kết luận sự giống nhau (hoặc TT) về mặt cấu trúc của chúng.

Ví dụ: Đã biết giữa dao động tự do của con lắc lò xo và của mạch LC có sự TT về các đại lượng đặc trưng cho dao động. Các dao động tự do này sẽ tắt dần (do ma sát và do điện trở). Lại biết: Có thể duy trì dao động tự do của con lắc lò xo bằng một cơ cấu gồm các bộ phận: Quả nặng làm quay bánh xe có răng cưa (nguồn năng lượng để duy trì dao động), cái cá hình cung (thiết bị điều khiển việc cấp năng lượng) và cái cá được gắn chặt vào con lắc ở vị trí thích hợp (để có sự liên hệ ngược, nhờ đó mà hệ dao động điều khiển được cái cá trong đồng hồ).

Có thể SLTT rằng: Cũng có thể duy trì dao động tự do của mạch LC bằng một cơ cấu cũng gồm các bộ phận: Nguồn năng lượng để duy trì dao động điện, thiết bị điều khiển việc cấp năng lượng từ nguồn và phải có sự liên hệ ngược nhờ đó mà mạch LC điều khiển được việc cấp năng lượng từ nguồn và phải có sự liên hệ ngược nhờ đó mà mạch LC điều khiển được thiết bị điều khiển việc cấp năng lượng từ nguồn.

Ý nghĩa của dạng suy luận về sự TT cấu trúc và chức năng: Sự TT cấu trúc - chức năng và sự TT chức năng - cấu trúc có ý nghĩa đặc biệt quan trọng trong điều khiển học và đã được vận dụng trong việc nghiên cứu lý thuyết các hệ thống khác nhau cũng như trong việc thiết kế các mô hình điều khiển trong thực tiễn. Ví dụ: Dựa vào sự TT giữa các cấu trúc xác định ở các động vật để chế tạo trong kỹ thuật các máy móc có cùng chức năng như vậy (cánh chim - cánh máy bay, hệ thống dây thần kinh - người máy, sự vững chãi của cây lúa - tháp truyền hình).

Sự phân loại các dạng suy luận TT nêu trên chỉ có tính chất tương đối. Một SLTT không phải lúc nào cũng có thể xếp một cách đơn trị vào một trong các dạng SLTT đã nêu. Cùng một sự TT giữa hai đối tượng nhưng có thể xếp nó vào các dạng suy luận khác nhau. Ví dụ : Sự TT giữa định luật vạn vật hấp dẫn và định luật Culông có thể được xem như là sự TT cấu trúc - chức năng nhưng cũng có thể xếp vào sự TT về sự tương ứng (nếu xem xét mối quan hệ giữa các đại lượng vật lý có mặt trong hai định luật thì thấy có các sự tương ứng sau : m - q, F_{hd} - F_{td}).

Nội dung của sự TT mà ta xét còn phụ thuộc vào mức độ nông sâu của vấn đề nghiên cứu. Ví dụ : Khi nghiên cứu con mắt theo quan điểm của quang hình, có thể coi con mắt TT như một cái máy ảnh nhưng nếu nghiên cứu con mắt theo quan điểm quang lý học thì phải so sánh nó với một bộ biến đổi quang điện phức tạp.

Đối với quá trình nhận thức khoa học, có ý nghĩa cơ bản là kết luận rút ra từ SLTT, chứ không phải là việc sắp xếp SLTT đang tiến hành vào dạng nào nói trên. Tuy nhiên, sự trình bày khái quát ở trên về các dạng SLTT vẫn là cần thiết để hiểu sâu về SLTT và để có biện pháp thích hợp bồi dưỡng kỹ năng SLTT cho học sinh.

6.2.2. Đặc điểm của suy luận tương tự

Vì không có đủ bằng chứng xác nhận quy luật chi phối các lớp hiện tượng của đối tượng đem so sánh chắn chắn sẽ chi phối các lớp hiện tượng của đối tượng cần nghiên cứu nên những kết luận rút ra bằng SLTT chỉ có tính chất giả thuyết, nghĩa là mang tính chất xác suất (có thể đúng nhưng cũng có thể sai). Chẳng hạn như : Trong suy luận về sự TT nhân quả, nhiều trường hợp cùng một kết quả nhưng lại được gây ra bởi các nguyên nhân khác nhau, trong suy luận về sự TT cấu trúc - chức năng, nhiều khi cùng một chức năng có thể được thực hiện nhờ các cấu trúc khác nhau. Vì vậy, những kết luận rút ra bằng SLTT nhất thiết phải được kiểm tra bằng thực nghiệm trên chính đối tượng cần nghiên cứu.

Để làm tăng mức độ xác suất (mức độ tin cậy) của các kết luận rút ra bằng SLTT cũng giống như suy luận quy nạp không đầy đủ, cần phải đáp ứng các điều kiện sau :

a) Tăng số lượng các dấu hiệu được xem xét của các đối tượng (số lượng các dấu hiệu càng nhiều càng tốt).

b) Lựa chọn một cách ngẫu nhiên các dấu hiệu và xem xét chúng một cách bình đẳng, không định kiến.

Các dấu hiệu giống nhau càng phong phú thì mức độ xác suất của kết luận càng cao vì các đối tượng đem so sánh được xem xét đầy đủ, toàn diện hơn.

c) Cần gắn quá trình tìm các dấu hiệu giống nhau với việc phát hiện các dấu hiệu bản chất của các đối tượng đem so sánh để tìm các dấu hiệu bản chất chung của chúng. Các dấu hiệu bản chất chung càng nhiều thì mức độ xác suất của kết luận rút ra bằng SLTT càng cao vì sẽ phát hiện được chính xác mối liên hệ có tính quy luật của các đối tượng này.

6.3. Phương pháp tương tự

Phương pháp tương tự(PPTT) là phương pháp nhận thức khoa học với việc sử dụng sự TT và phép SLTT nhằm thu nhận tri thức mới.

Các giai đoạn cơ bản của PPTT:

1. Tập hợp các dấu hiệu về đối tượng cần nghiên cứu và các dấu hiệu về đối tượng đã có những hiểu biết phong phú định đem đối chiếu.

2. Tiến hành phân tích những dấu hiệu giống nhau và khác nhau giữa chúng. Kiểm tra xem các dấu hiệu giống nhau có đồng thời là các dấu hiệu bản chất của các đối tượng này hay không.

3. Truyền các dấu hiệu của đối tượng đã biết cho đối tượng cần nghiên cứu bằng SLTT.

4. Kiểm tra tính đúng đắn của các kết luận rút ra (hoặc các hệ quả của chúng) có tính chất giả thuyết đó ở chính đối tượng cần nghiên cứu.

Nếu các kết luận rút ra không đúng đối với đối tượng cần nghiên cứu thì phải trở lại bước một (lựa chọn đối tượng khác để đem so sánh).

Thực nghiệm có vai trò quan trọng trong PPTT. Nhờ nó, ta phát hiện được sự tồn tại các dấu hiệu giống nhau (tương tự) của các đối tượng, làm cơ sở cho việc lựa chọn đối tượng đem so sánh và cũng nhờ nó, kiểm tra được tính đúng đắn của những kết luận (hệ quả) rút ra được bằng SLTT.

Ví dụ như : Trong quá trình xây dựng mô hình hành tinh nguyên tử, thông qua thực nghiệm, các nhà khoa học đã nghiên cứu được các vấn đề về cấu trúc của hệ mặt trời (các định luật về chuyển động trong trường lực xuyên tâm), các vấn đề về hệ nguyên tử (các kết quả thu được trong việc nghiên cứu sự tán xạ tia α trên lá vàng, khái niệm về êlectron, hiện tượng phóng xạ,...). Từ đó, tìm được những dấu hiệu tương tự : Sự giống nhau về dạng các biểu thức của lực vạn vật hấp dẫn và lực Cu lông (~ 1/r, lực xuyên tâm), sự chênh lệch về kích thước và khối lượng giữa các hành tinh với mặt trời cũng như giữa các êlectron và nguyên tử, sự bền vững của hệ mặt trời và hệ nguyên tử làm cơ sở để SLTT rút ra giả thuyết về cấu trúc của nguyên tử.

6.4. Phương pháp tương tự trong nghiên cứu vật lý

6.4.1. Vai trò của phương pháp tương tự

PPTT có giá trị to lớn trong nhận thức khoa học cũng như trong hoạt động thực tiễn của con người.

- Trong lịch sử phát triển của vật lý học, "sự TT là một sự dẫn đường cho sự nghiên cứu" (Makhơ), việc sử dụng PPTT cho phép xây dựng các mô hình, các lý thuyết mới, đề xuất những tư tưởng mới.

Quang hình học được xây dựng trên cơ sở sự TT giữa tia sáng và một chùm hạt. Với quan niệm ánh sáng là những hạt rất nhỏ bay ra từ nguồn sáng với vận tốc rất lớn, Niutơn đã giải thích tính chất của ánh sáng trong sự phản xạ, khúc xạ, nhiễu xạ, phân cực và tán sắc nhờ chuyển động của các hạt rất nhỏ này.

Quang học sóng được xây dựng trên cơ sở sự TT giữa sóng ánh sáng và sóng trên mặt nước, sóng trong một môi trường đàn hồi. Huyghen đã phát hiện sự TT giữa sự lan truyền âm và ánh sáng, vận dụng lý thuyết về sóng cơ học (cụ thể là sóng âm) để nghiên cứu ánh sáng, đã giải thích được nhiều hiện tượng quang học và mở đường cho sự phát triển của quang học và điện động lực học.

.Macxoen cũng đã sử dụng sự TT với chuyển động của chất lỏng trong nghiên cứu về điện trường và từ trường, đưa ra các khái niệm TT với các khái niệm về chuyển động của chất lỏng (ống dòng, điện thông, từ thông, nguồn...). Ông cũng rút ra bản chất sóng của các hiện tượng điện từ từ sự lan truyền sóng ánh sáng.

Các mô hình nguyên tử của Rudơpho và của Bo đều được xây dựng dựa trên sự TT giữa hệ mặt trời và hệ nguyên tử.

Một ví dụ điển hình của việc sử dụng PPTT là việc xây dựng cơ học lượng tử. Người ta đã xây dựng cơ học sóng (một hình thức của cơ học lượng tử) xuất phát từ sự TT cơ-quang, sự TT giữa quang hình và cơ học cổ điển (ví dụ : Sự TT giữa nguyên lý Fecma trong quang hình với nguyên lý tác dụng tối thiểu trong cơ học).

-Quá trình so sánh TT các đối tượng, ngay cả khi so sánh các đặc điểm bên ngoài không những giúp làm sáng tỏ các hiện tượng ở nhiều lĩnh vực khác nhau, phát hiện được cái cụ thể, cái riêng mà còn giúp làm bộc lộ những đặc điểm bản chất và chung của một chuỗi các đối tượng, thâu tóm các mối quan hệ giữa chúng, tạo thành các lớp đối tượng để từ đó, khái quát hoá thành các nguyên lý. Các mối quan hệ, định luật càng có tầm khái quát thì càng phải sử dụng đến PPTT. Viên đã so sánh quá trình điều khiển trong kỹ thuật với các quá trình trong các cơ thể sống và đã đi tới kết luận : Có những quy luật như nhau tồn tại. Cách so sánh TT của ông đã tạo nên cơ sở cho điều khiển học như là một ngành khoa học mới, bao quát rất nhiều lĩnh vực tri thức khác nhau (lý thuyết thông tin, lý thuyết các máy tính và các hệ tự điều chỉnh). Chúng chi phối những đối tượng rất khác nhau nhưng TT nhau : Các cơ chế máy móc, các cơ quan của các sinh vật, máy tính, bộ óc...

6.4.2. Giới hạn áp dụng của suy luận tương tự

Tuy nhiên, khi vượt quá phạm vi cho phép, SLTT lại làm kìm hãm bước tiến nhận thức của con người và do vậy, SLTT dễ tạo ra những đường mòn, những thói quen cản trở sự hình thành những tư tưởng mới, những phương pháp mới.

Các ví dụ :

- Trong khi thuyết hạt của Niutơn được công nhận lúc bấy giờ thì thuyết sóng của Huyghen giải thích các tính chất của ánh sáng lại không được chú ý trong gần một thế kỷ.

- Sự TT giữa sóng ánh sáng và sóng cơ học có vai trò tích cực trong việc hình thành quang học sóng và điện động lực học nhưng trong giai đoạn sau, sự TT đó và khái niệm ête vũ trụ đã là trở ngại cho sự phát triển thuyết tương đối và thuyết lượng tử.

- Việc mở rộng sự TT giữa sự lan truyền âm và ánh sáng cho sự TT trong đặc trưng của sóng ánh sáng đã ngăn cản việc giải thích sự phân cực ánh sáng quan sát được. Hiện tượng này chỉ có thể giải thích được nếu nhận ra đặc trưng sóng ngang của sóng ánh sáng, khác với đặc trưng sóng dọc của sóng âm.

6.5. Phương pháp tương tự trong dạy học vật lý

6.5.1. Sự cần thiết của việc sử dụng phương pháp tương tự trong dạy học vật lý

- Quá trình hướng dẫn học sinh giải quyết các vấn đề học tập phỏng theo những cách mà các nhà khoa học đã sử dụng đòi hỏi phải cho học sinh làm quen với PPTT, một phương pháp được sử dụng rộng rãi trong nghiên cứu vật lý.

- Trong quá trình học sinh sử dụng PPTT để giải quyết các vấn đề học tập, học sinh được rèn luyện một loạt các thao tác tư duy, được phát triển niềm tin vào mối liên hệ có tính khái quát, có tính quy luật của các sự vật, hiện tượng tự nhiên đa dạng và phong phú.

- Việc sử dụng PPTT góp phần nâng cao hiệu quả của giờ học, thể hiện trước hết ở tính sâu sắc, tính hệ thống của các kiến thức vì nó tạo điều kiện cho học sinh liên kết cái chưa biết với cái đã biết, phát hiện những mối liên hệ giữa các hệ thống khác nhau ở các phần khác nhau của vật lý cũng như những dấu hiệu giống nhau và khác nhau của chúng.

- Việc sử dụng PPTT còn làm cho học sinh dễ hình dung các hiện tượng, quá trình vật lý không thể quan sát trực tiếp được (ví dụ : Sử dụng dao động của con lắc lò xo để trực quan hóa quá trình xảy ra và sự biến đổi của các đại lượng vật lý trong mạch dao động điện LC), dễ hiểu hơn các khái niệm trừu tượng (ví dụ : Sử dụng sự TT giữa dòng điện và dòng nước chảy để minh hoạ các khái niệm dòng điện và hiệu điện thế).

- Điều kiện dạy học ở trường phổ thông (thời gian, tình trạng thiết bị) nhiều khi chỉ cho phép đề cập sâu một đối tượng (vật đại diện) rồi sử dụng SLTT rút ra các kết luận cho đối tượng khác TT với nó. Ví dụ : Các kết luận về tính chất của chất khí đứng yên phần lớn được suy luận từ các kiến thức thu được qua nghiên cứu các tính chất của chất lỏng đứng yên và không phải kết luận nào cũng có thể kiểm tra được bằng các dụng cụ thí nghiệm hiện có ở trường phổ thông. Đó cũng là một trong những lý do mà thuỷ tĩnh học và khí tĩnh học được đề cập song song trong chương trình vật lý ở các nước.

Vì những lý do nêu trên, sự TT và PPTT là đối tượng của dạy học vật lý ở trường phổ thông.

6.5.2. Các khả năng sử dụng sự tương tự và phương pháp tương tự trong dạy học vật lý

- Có thể sử dụng sự TT ở các giai đoạn khác nhau của quá trình dạy học, nhưng có giá trị hơn cả là việc sử dụng PPTT để xây dựng kiến thức mới, ngay cả trong những trường hợp mà điều kiện thiết bị thí nghiệm ở trường phổ thông chưa cho phép kiểm tra các giả thuyết rút ra bằng SLTT.

Ví dụ như : Sử dụng PPTT trong dạy học các kiến thức về tính chất của chất lỏng và chất khí đứng yên ở lớp 7 dựa trên sự tương tự giữa chúng, để xét các tính chất của ảnh qua thấu kính trên cơ sở sự tương tự của thấu kính và gương cầu ở lớp 12, để nghiên cứu dao động điện dựa trên sự TT của nó với dao động cơ học ở lớp 12, để đề cập tính chất sóng của ánh sáng trên cơ sở sự TT của nó với sóng nước ở lớp 12, để nghiên cứu chuyển động tròn của chất điểm và chuyển động quay của vật rắn ở lớp 12 trung học chuyên ban A dựa trên các kiến thức mà học sinh đã biết về chuyển động thẳng.

- Trong dạy học vật lý, người ta cũng thường sử dụng sự TT để minh hoạ làm cho học sinh dễ hình dung các hiện tượng, quá trình vật lý không thể quan sát trực tiếp được.

Ví dụ như : Minh họa sự xuất hiện lực liên kết phân tử (lực hút và lực đẩy) giữa các phân tử ở lớp 7 như lực đàn hồi xuất hiện khi các quả cầu gắn vào hai đầu lò xo đi lại gần nhau hoặc đi ra xa nhau.

Minh hoạ hiện tượng khuếch tán của các chất ở lớp 7 qua thí nghiệm trộn ngô với vừng, song song với việc tiến hành thí nghiệm thực đổ đường vào nước.

Minh hoạ điều kiện để có dòng điện, sự phụ thuộc của cường độ dòng điện vào hiệu điện thế, sự phân nhánh của dòng điện... nhờ sự TT của dòng điện và dòng nước chảy.

- Cũng có thể sử dụng sự TT để hệ thống hoá các kiến thức mà học sinh đã lĩnh hội ở nhiều phần khác nhau của vật lý. Ví dụ : Hệ thống hoá các kiến thức về các loại sóng (sóng cơ học, sóng điện từ) ở lớp 12 dựa trên sự TT của chúng, nhằm phát hiện những đặc điểm cơ bản và chung của sóng.

6.5.3. Một số yêu cầu khi sử dụng sự tương tự và phương pháp tương tự

-PPTT sử dụng trong dạy học vật lý nhìn chung cũng có các giai đoạn cơ bản như đã nêu ở trên. Việc thực hiện các giai đoạn của PPTT nhiều khi kéo dài trong một số bài học. Yêu cầu cao nhất đối với việc sử dụng PPTT trong dạy học là : Học sinh phải được tự lực cao ở mức có thể được trong tất cả các giai đoạn của PPTT, ngay cả ở giai đoạn lựa chọn đối tượng đã biết làm đối tượng so sánh với đối tượng đang nghiên cứu.

-Việc đề cập sự TT không phải lúc nào cũng như sự diễn ra trong lịch sử phát triển vật lý. Việc lựa chọn đối tượng so sánh, mức độ nông sâu của sự TT được đề cập trong dạy học phụ thuộc không những vào cấu trúc và nội dung của chương trình học tập mà còn phụ thuộc vào đặc điểm lứa tuổi của học sinh. Mặc dù vậy, đối tượng đem so sánh phải có ý nghĩa, chứ không phải mọi sự TT.

Điều kiện cơ bản cho việc sử dụng PPTT đạt kết quả là học sinh phải có vốn hiểu biết về đối tượng đem so sánh từ những bài học trước, từ kinh nghiệm sống hoặc dễ hình dung đối với học sinh tuy mới tiếp xúc lần đầu.

Khi sử dụng sự TT, phải làm sáng tỏ phạm vi của sự TT, phát hiện không những các dấu hiệu giống nhau mà còn cả những dấu hiệu khác nhau, đặc biệt là dấu hiệu khác nhau cơ bản để phân biệt chúng với nhau. Nhờ vậy, việc sử dụng sự TT sẽ giúp hiểu sâu hơn các đối tượng đem so sánh và tránh được việc rút ra kết luận sai lầm.

Ví dụ :

Trong việc sử dụng sự TT giữa lực đàn hồi và lực liên kết phân tử, phải nhấn mạnh với học sinh : Đây chỉ là sự minh hoạ cho dễ hiểu, chứ kích thước của các hạt nhỏ hơn rất nhiều hai quả cầu dù nhỏ đến mấy, lực giữa các hạt không phải là lực đàn hồi của lò xo và cũng không phải chỉ có hai hạt.

Khi sử dụng sự TT giữa dòng điện và dòng nước chảy, dần dần phải cho học sinh rõ : Có một loạt các hiện tượng điện không có sự tương ứng ở dòng nước chảy như : Dòng điện có thể là dòng chuyển động của các điện tích dương và điện tích âm, xung quanh dây dẫn có dòng điện chạy qua tồn tại từ trường, các điện tích chuyển động trong từ trường thì chịu tác dụng của lực Lorenxơ... Qua đó, học sinh sẽ hiểu hơn về dòng điện và phạm vi của sự TT giữa dòng điện và dòng nước chảy.

Khi sử dụng sự TT giữa dao động cơ học và dao động điện, bên cạnh việc nêu những sự giống nhau về các đặc trưng, quy luật biến đổi theo thời gian của các đại lượng tương ứng, cần chỉ ra rằng : Hai loại dao động này có bản chất vật lý hoàn toàn khác nhau (dao động cơ học là chuyển động của một vật nặng tuân theo định luật Niutơn, dao động điện là quá trình biến đổi của điện tích trong mạch điện tuân theo các định luật điện từ); trong trường hợp dao động cơ học của con lắc lò xo, ly độ x có thể quan sát trực tiếp được, còn ở dao động điện, sự biến thiên tuần hoàn của hiệu điện thế u và dòng điện i chỉ có thể nhận biết nhờ các máy đo điện, trong đó có dao động ký điện tử.

-Phải lưu ý học sinh : Những kết luận rút ra bằng SLTT chỉ có tính chất giả thuyết, phải được kiểm tra ở bản thân đối tượng đang nghiên cứu thông qua thực nghiệm.

6.5.4. Các ví dụ về việc sử dụng phương pháp tương tự trong dạy học vật lý

Ví dụ 1: Sử dụng phương pháp tương tự trong dạy học chương "Áp suất của chất lỏng và chất khí" (lớp 7)

Trong chương này, học sinh được học đồng thời các kiến thức về áp suất tĩnh của chất lỏng và chất khí. Các kiến thức cơ bản thường được rút ra thông qua việc nghiên cứu đối với chất lỏng, rồi sử dụng SLTT để rút ra các kết luận tương ứng đối với chất khí và sau đó kiểm tra các kết luận này (hoặc hệ quả của chúng) ở chất khí. Vì vậy, quá trình học tập chương này tạo điều kiện cho học sinh được tập dượt vận dụng PPTT để thu nhận kiến thức.

Dưới đây là những nét chính của việc sử dụng PPTT trong dạy học một số kiến thức cơ bản trong chương

Đối tượng A : Các chất lỏng đứng yên	Đối tượng B : Các chất khí đứng yên
Đã biết các tính chất : - Cấu tạo từ các hạt - Các hạt chuyển động hỗn loạn không ngừng.	Đã biết các tính chất - Cấu tạo từ các hạt. - Các hạt chuyển động hỗn loạn không ngừng.
Thông qua các thí nghiệm: Nước đựng trong bình phun ra khỏi các lỗ khác nhau trên thành bình, dưới đáy bình,	- SLTT : Chất khí cũng có trọng lượng và gồm những hạt chuyển động hỗn loạn không ngừng nên nó cũng tác dụng áp

phun vào các lỗ khác nhau trên thành một bình rỗng khác được nhúng vào nó, rút ra kết luận : Vì chất lỏng có trọng lượng và gồm những hạt chuyển động hỗn loạn không ngừng nên nó tác dụng áp lực và áp suất lên đáy bình, thành bình và lên mặt các vật nhúng trong nó.	lực và áp suất lên các vật nhúng trong nó. - Kiểm tra dự đoán rút ra bằng SLTT bằng thí nghiệm : Dùng mồm hút bớt khí ra khỏi hộp có màng căng bằng cao su của áp kế nước, màng bị lõm xuống dù đặt áp kế theo hướng nào. Kết quả thí nghiệm xác nhận dự đoán trên là đúng.
Thí nghiệm với chất lỏng đựng trong một bình có cắm các ống thủy tinh (bán kính khác nhau, miệng dưới ngập trong nước ở những độ sâu khác nhau, bị bẻ cong theo những hướng khác nhau) dẫn tới kết luận : Chất lỏng truyền áp suất tác dụng từ ngoài nguyên vẹn theo mọi hướng.	- SLTT : Chất khí cũng truyền áp suất tác dụng từ ngoài nguyên vẹn theo mọi hướng. - Kết quả các thí nghiệm : Áp lực lên pít tông của một bình cầu đựng khí, bơm khí vào quả bóng cao su, thổi bong bóng xà phòng... khẳng định dự đoán trên là đúng.
Từ các thí nghiệm với vật nhúng trong chất lỏng, kết hợp với suy luận lý thuyết trong một trường hợp đơn giản (vật hình hộp chữ nhật), học sinh thu được kiến thức : Các vật nhúng trong chất lỏng thì chịu tác dụng của lực đẩy Acsimet hướng thẳng đứng từ dưới lên trên.	- SLTT : Chất khí cũng tác dụng lực đẩy Acsimet lên các vật nhúng trong nó . - Các ví dụ : Bóng bay, khinh khí cầu, bóng thám không,... xác nhận kết luận này.

Ví dụ 2: Sử dụng phương pháp tương tự trong dạy học dao động điện từ (lớp 12)

Đối tượng đã biết : Dao động cơ học của con lắc lò xo.

Áp dụng định luật II Nuitơn, ta lập được phương trình biểu diễn sự biến đổi ly độ x của con lắc lò xo :

$$x'' + x\frac{k}{m} = 0 \qquad (1)$$

Giải phương trình này, ta được :

$$x = A\sin(\omega t + \varphi).$$

Theo phương trình này, ly độ x biến thiên tuần hoàn hình sin, có chu kì dao động là

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{k/m}}.$$

. Thí nghiệm con lắc lò xo trên đệm không khí đã khẳng định kết luận này.

Đối tượng đang nghiên cứu : Mạch điện có tụ điện (có điện dung C) và cuộn cảm (có độ tự cảm L).

Xét quá trình phóng điện của tụ điện trong mạch LC (coi như R = 0) sau khi đã được nạp điện, ta lập được phương trình biểu diễn sự biến thiên của điện tích q :

$$q'' + \frac{1}{LC}q = 0 \qquad (2)$$

Vì phương trình (2) có dạng giống phương trình (1) nên bằng SLTT, ta có thể suy ra rằng: Quy luật biến đổi của điện tích q trong mạch cũng giống như quy luật biến đổi của ly độ x trong dao động của con lắc lò xo, nghĩa là ta có :

$q = q_0 \sin(\omega t + \varphi)$ với $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$.

Mặc dù sự biến thiên của điện tích q xảy ra rất nhanh, khó có thể quan sát trực tiếp được, nhưng ta có thể bằng SLTT mà dự đoán được là: Điện tích q qua mạch điện biến đổi theo quy luật hình sin có chu kỳ dao động T là :

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{LC}$$

hay tần số f: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

Điều đặc biệt đáng chú ý là không thể tìm ra quy luật biến đổi này bằng thực nghiệm.

Ta có thể kiểm tra kết luận rút ra được bằng SLTT ở trên nhờ sử dụng dao động ký điện tử, sau khi đã thực hiện thêm một phép suy luận toán học để tìm ra quy luật biến đổi của dòng điện trong mạch.

Theo định nghĩa, ta có : $i = \frac{q}{t}$.

Vậy : $\frac{q}{t} = \frac{q_0}{t}\sin(\omega \cdot t + \varphi)$

hay $i = I_0 \sin(\omega t + \varphi)$.

Dao động ký điện tử có thể cho ta quan sát được sự biến thiên của dòng điện i trong mạch dao động LC.

Ta nhận thấy rằng: Trong phương trình mô tả dao động cơ học và dao động điện từ, có các đại lượng từng cặp tương ứng đóng vai trò tương tự nhau sau đây:

Các đại lượng tương ứng

Đại lượng cơ				Đại lượng điện
(Toạ độ)	x	$\longleftrightarrow$	q	(Điện tích)
(Vận tốc)	$v=x'$	$\longleftrightarrow$	$i=q'$	(Cường độ dòng điện)
(Khối lượng)	m	$\longleftrightarrow$	L	(Độ tự cảm)
(Độ cứng lò xo)	k	$\longleftrightarrow$	$1/C$	(nghịch đảo điện dung)
(Lực)	F	$\longleftrightarrow$	u	(Hiệu điện thế)
(Động năng)	$1/2.mv^2$	$\longleftrightarrow$	$1/2.\ L.i^2$	(Năng lượng từ)
(Thế năng)	$1/2.kx^2$	$\longleftrightarrow$	$1/2q^2/C$	(Năng lượng điện)

Các định luật tương ứng

(Định luật II Niutơn) $F = ma \longleftrightarrow u = L.di/dt = Lq''$ (Định luật cảm ứng điện từ)

(Định luật bảo toàn cơ năng) $\longleftrightarrow$ (Định luật bảo toàn năng lượng điện từ)

$$E = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2 = \text{hằng số} \longleftrightarrow E = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} + \frac{1}{2}Li^2 = \text{hằng số}$$

CHƯƠNG 7

SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP MÔ HÌNH TRONG DẠY HỌC VẬT LÝ Ở TRƯỜNG PHỔ THÔNG

7.1. Mô hình

7.1.1. Định nghĩa mô hình

Khái niệm mô hình được sử dụng rộng rãi trong ngôn ngữ thông thường hàng ngày với những nghĩa rất khác nhau. Trong các môn khoa học tự nhiên, học sinh thường gặp mô hình tế bào, mô hình lò cao, mô hình động cơ đốt trong tức là vật có cấu tạo không gian giống như vật mà ta cần nghiên cứu. Mô hình phân tử, mô hình nguyên tử lại mô tả những vật thể mà ta chỉ biết được những tính chất của chúng, chứ không quan sát trực tiếp được. Mô hình quá trình dạy học, mô hình bài học lại không phản ánh một vật thể nào cả mà là phản ánh một sự kiện trừu tượng. Mô hình con người mới, mô hình nhà trường phổ thông được hiểu là mẫu mực mà ta phải vươn tới, chứ không phải là phỏng theo một thực thể đang tồn tại.

Trong vật lý học, V. A Stôphơ đã định nghĩa mô hình như sau :

"Mô hình là một hệ thống được hình dung trong óc hay được thực hiện một cách vật chất, hệ thống đó phản ánh những thuộc tính bản chất của đối tượng nghiên cứu hoặc tái tạo nó, bởi vậy việc nghiên cứu mô hình sẽ cung cấp cho ta những thông tin mới về đối tượng."

Theo định nghĩa này, cần đặc biệt chú ý sự khác biệt giữa mô hình với đối tượng vật chất. Một mô hình chỉ phản ánh một số tính chất của đối tượng vật chất. Cùng một đối tượng vật chất nhưng có thể có nhiều mô hình khác nhau. Như vậy, mô hình không đồng nhất với đối tượng mà nó phản ánh.

7.1.2. Sự phát triển khái niệm mô hình trong vật lý học

Những mô hình được sử dụng đầu tiên trong vật lý học là những mô hình vĩ mô. Chúng là những mẫu trừu tượng đã đơn giản hoá của các đối tượng vĩ mô cần nghiên cứu. Nhà vật lý sử dụng chúng trong cách lập luận và các phép tính toán, sau đó mang những kết quả thu được áp dụng cho các đối tượng thật. Vật lý học đã dùng chất điểm làm mô hình của một chiếc xe chuyển động trên đường hoặc của Trái đất đang quay quanh Mặt trời, dùng con lắc toán học làm mô hình để nghiên cứu dao động của con lắc thật... Loại mô hình này được sử dụng từ lâu, nhưng việc dùng chúng không có ý nghĩa gì lớn về nguyên tắc. Chúng không có vai trò bao nhiêu trong việc phát hiện ra các quy luật mới, nhà vật lý dùng chúng như những sự đơn giản hoá để tính toán cho dễ hơn, cũng chỉ như là dùng các phép tính gần đúng mà thôi.

Từ giữa thế kỷ XIX, vật lý học bắt đầu sử dụng rộng rãi một loại mô hình khác, gọi là mô hình vi mô. Cơ sở của các mô hình vi mô là quan niệm về những vật thể, những chất mà ta không thể quan sát trực tiếp được, ví dụ như nguyên tử, phân tử, ête... Mặc dù trong triết học duy vật cổ Hy lạp cũng đã nói đến nguyên tử, nhưng khái niệm nguyên tử lúc đó mới chỉ là một khái niệm trừu tượng mơ hồ, chưa có vai trò gì trong việc phát triển vật lý học. Phải tới khi vật lý phân tử và điện động lực học đã hình thành, mới xuất hiện những mô hình về cấu trúc vật chất, về chất khí lý tưởng, về ête vũ trụ... Cũng từ lúc đó, trong vật lý học mới có khái niệm mô hình, thuật ngữ "mô hình" và các mô hình vi mô có tác dụng rõ rệt trong việc xây dựng các lý thuyết vật lý, giải thích các hiện tượng vật lý. Không có mô hình về ête vũ trụ thì lúc đó, không thể xây dựng lý thuyết về các hiện tượng điện từ trên cơ sở nguyên lý tác dụng gần, không thể phát triển được quang học sóng. Khi xây dựng điện động lực học, Macxoen đã xuất phát từ một mô hình truyền sóng điện từ trong ête vũ trụ, để rút ra các phương trình cơ bản của điện từ học (các phương trình Macxoen). Các nhà vật lý đều công nhận tác dụng lớn lao của các mô hình và sử dụng các mô hình để xây dựng lý thuyết, nhưng đồng thời cũng nhấn mạnh tính gần đúng, tính nhất thời của các mô hình. Các mô hình cho phép ta dựng nên một hình ảnh về hiện tượng cần nghiên cứu, nhưng không thể thay thế hoàn toàn hiện tượng đó được.

Những mô hình vi mô dùng trong cơ học lượng tử được gọi là mô hình lượng tử. Mô hình vi mô nói ở đoạn trên cho ta một hình ảnh về một đối tượng vi mô trong phạm vi lý thuyết cổ điển. Nhưng trong phạm vi cơ học lượng tử, các đối tượng vi mô mang tính gián đoạn, tính sóng - hạt nên không thể tạo ra được một hình ảnh duy nhất và đầy đủ về đối tượng đó. Mỗi mô hình lượng tử chỉ cho ta hình ảnh về một mặt của đối tượng vi mô. Ví dụ : Mô hình của êlectron có thể là một hạt (khi xét hiệu ứng Comptơn chẳng hạn), hoặc có thể là một sóng liên tục (khi xét tính chất chuyển động của nó trong nguyên tử). Đó không những là hai mô hình khác nhau của cùng một đối tượng, mà còn là hai mô hình vừa loại trừ nhau, vừa bổ sung cho nhau.

Một loại mô hình nữa thường được sử dụng là những mô hình toán học (hay mô hình ký hiệu). Người ta có thể biểu diễn cấu trúc của điện từ trường bằng hệ thống những đường sức, những mặt đẳng thế, biểu diễn những quá trình biến đổi trạng thái của một khối khí bằng một đồ thị những đường đẳng áp và đường đẳng tích. Trong thuyết tương đối, một điểm hay một đường trong hệ toạ độ bốn chiều là mô hình của một biến cố hay một quá trình diễn ra trong không gian và thời gian. Trong cơ học lượng tử, phương trình Srơdingơ viết cho nguyên tử hyđrô cũng được gọi là mô hình toán học của nguyên tử hyđrô.

Phương pháp mô hình được sử dụng rộng rãi trong vật lý học và đã đưa lại những hiệu quả rất lớn. Có trường hợp một mô hình có thể dùng cho nhiều loại hiện tượng khác nhau về bản chất. Ví dụ : Phương trình sóng có thể là mô hình của sự truyền âm trong không khí, của sự lan truyền điện từ trong chân không, của chuyển động êlectron trong nguyên tử. Điều đó nói lên một lần nữa tính thống nhất của thế giới vật chất, thống nhất trong sự đa dạng của nó. Nhưng cũng cần chú ý đầy đủ đến tính hai mặt của phương pháp này. Nó có khả năng mở đường cho lý thuyết mới, nhưng cũng có khả năng bảo thủ, cản trở sự ra đời của lý thuyết mới.

Như vậy, trong vật lý học, mô hình có các chức năng sau đây :

- Mô tả sự vật, hiện tượng.

- Giải thích các tính chất và hiện tượng có liên quan tới đối tượng.

- Tiên đoán các tính chất và hiện tượng mới.

Một mô hình không phải chỉ dùng để mô tả và giải thích các hiện tượng vật lý mà hơn thế nữa, nó còn được dùng để tiên đoán những hiện tượng mới. Không có chức năng tiên đoán này, mô hình mất đi vai trò quan trọng của nó trong khoa học.

7.1.3. Tính chất của mô hình

Với tư cách là một hệ thống phản ánh những thuộc tính bản chất của đối tượng nghiên cứu, một mô hình có những tính chất cơ bản sau đây :

a) Tính tương tự với "vật gốc"

Một hệ thống chỉ có thể được coi là mô hình của vật gốc khi có thể chuyển được những kết quả nghiên cứu trên mô hình sang vật gốc, nghĩa là có sự tương tự giữa mô hình và vật gốc. Sự tương tự đó có thể là đồng cấu hoặc đẳng cấu.

Sự tương tự có thể là sự tương tự về cấu trúc, khi đó sự tương tự chủ yếu ở mối quan hệ giữa các phần tử của hai hệ thống, cũng có thể là sự tương tự về chức năng, nghĩa là các phần tử tương ứng của hai hệ thống có chức năng giống nhau nhưng cấu trúc có thể khác nhau. Sự tương tự cũng có thể giống nhau nhiều hay ít ở kết quả các quá trình trong hai hệ thống. Thuộc loại cuối cùng thường thấy khi so sánh một hệ thống vật chất thực và sự diễn tả toán học của nó. Các phần tử thuộc hai hệ thống này không có điểm nào giống nhau, nhưng kết quả thu được trong quá trình biến đổi toán học lại phù hợp với kết quả thu được bằng thực nghiệm.

b) Tính đơn giản

Như ta đã biết, thực tế khách quan vô cùng đa dạng và phong phú. Nhưng mô hình chỉ phản ánh được một mặt nào đó của thực tế. Nhiều khi một thực thể khách quan phải dùng đến nhiều mô hình để phản ánh. Trong khi xây dựng mô hình, ta phải thực hiện các thao tác trừu tượng hoá, khái quát hoá; những thao tác ấy bao giờ cũng dẫn đến một sự đơn giản hoá vì ta đã tước bỏ những chi tiết thứ yếu, chỉ còn giữ lại những thuộc tính và những mối liên hệ bản chất nhất. Như vậy, tính đơn giản của mô hình là một tất yếu khách quan.

Mặt khác, cũng chính nhờ tính đơn giản này của mô hình mà nhà nghiên cứu có thể nắm chắc những vấn đề cơ bản nhất của thực tế khách quan, khái quát hoá chúng mà rút ra những quy luật. Nếu không dùng những mô hình đơn giản để nghiên cứu mà nghiên cứu ngay những hiện tượng thực tế phức tạp thì trong nhiều trường hợp, quy luật bị lu mờ và nhà nghiên cứu có thể bị lầm lẫn.

c) Tính trực quan

Trước hết, tính trực quan của mô hình thể hiện ở chỗ một số mô hình dễ dàng nhận biết được bằng các giác quan, trong khi việc quan sát trên vật thật có khi gặp khó khăn.

Tính trực quan cũng thể hiện ở chỗ ta đã vật chất hoá những tính chất, những quan hệ không thể trực tiếp tri giác được. Ví dụ : Lực hút, lực đẩy giữa các phân tử được biểu diễn trên mô hình bằng cách gạch nối đậm hay mảnh, hoặc quy luật chuyển động được biểu diễn bằng đồ thị vận tốc.

Khái niệm trực quan còn được mở rộng trong trường hợp mô hình không trực tiếp diễn tả hiện tượng thực tế mà so sánh với một hiện tượng thực tế khác mà ta có thể tri giác bằng giác quan được. Ví dụ như dùng mô hình sóng nước để diễn tả sự giao thoa của sóng ánh sáng. Làm như vậy, ta có thể hình dung được một cách cụ thể hiện tượng giao thoa của sóng ánh sáng, mặc dù sóng ánh sáng hoàn toàn khác sóng nước. Rõ ràng mức độ trực quan gián tiếp loại này còn phụ thuộc vào vốn hiểu biết của chính chủ thể, do chủ thể đã tích luỹ được từ trước.

d) Tính quy luật riêng

Khi xây dựng mô hình, người ta dùng một hệ thống để mô tả một số đặc tính của vật gốc mà người ta chưa biết đầy đủ. Hệ thống vật dùng để thay thế vật gốc đó tuân theo những quy luật mà ta đã biết rõ, ta gọi là những quy luật riêng của mô hình. Những quy luật riêng của mô hình nhiều khi không còn giống những quy luật chi phối mối quan hệ giữa các phần tử của hệ thống vật lý thực nữa. Chẳng hạn như mô hình ký hiệu toán học tuân theo những quy tắc toán học. Từ sự vận động của những quy luật riêng này, có thể rút ra những kết luận mới có khả năng chuyển tải sang hệ thống vật lý thực (vật gốc). Đương nhiên rằng, sự tiên đoán này có tính chất giả thuyết, cần được kiểm tra lại. Chính nhờ sự vận động của những quy luật riêng này mà ta có thể rút ra những kết luận mới về sự vận động của sự vật, hiện tượng, cho ta những thông tin mới.

e) Tính lý tưởng

Mô hình xuất phát từ thực tiễn, phản ánh thực tiễn. Nhưng khi ta mô hình hoá một vật, một mối quan hệ nào đó, ta đã thực hiện một sự trừu tượng hoá, khái quát hoá, phản ánh các đặc tính của vật thể, hiện tượng khách quan ở mức độ hoàn thiện cao, loại bỏ tất cả những ảnh hưởng nhiễu trong nhận thức. Như vậy, mô hình nào cũng có tính chất lý tưởng ít hay nhiều. Nói cách khác, không có mô hình nào giống hệt thực tiễn bởi nếu mô hình hoàn toàn giống thực tế khách quan thì nó không còn tính cách là vật đại diện, thay thế nữa. Một mô hình vật lý chỉ phản ánh đến một mức độ nhất định một vài mặt của một sự vật, hiện tượng vật lý.

Tính chất lý tưởng của mô hình càng cao thì mô hình càng khái quát và càng giúp ta nhận thức được những nét chung nhất của hiện tượng và bao trùm được một số càng lớn hiện tượng. Nhưng càng khái quát, càng có tính lý tưởng cao thì khi sử dụng mô hình để nghiên cứu thực tế càng gặp nhiều khó khăn vì ta phải bổ sung vào cấu trúc chung của mô hình rất nhiều yếu tố cụ thể phù hợp với đối tượng nghiên cứu.

7.1.4. Các loại mô hình sử dụng trong vật lý học

Ta có thể phân các mô hình vật lý làm hai loại :

1. Mô hình vật chất

Là mô hình bằng vật thể, trên đó phản ánh những đặc trưng cơ bản về mặt hình học, vật lý học, động lực học, chức năng học của đối tượng nghiên cứu.

Ví dụ : Mô hình máy bay, mô hình hệ mặt trời, mô hình động cơ đốt trong... Loại mô hình này chỉ sử dụng ở giai đoạn thấp của quá trình nhận thức, khi cần hình thành những biểu tượng hoặc thu thập kiến thức có tính chất kinh nghiệm. Những kiến thức thu được trên mô hình là những tính chất bên ngoài của hiện tượng, của đối tượng thực.

2. Mô hình lý tưởng (hay mô hình lý thuyết)

Là những mô hình trừu tượng, trên đó về nguyên tắc người ta chỉ áp dụng những thao tác tư duy lý thuyết. Các phần tử của mô hình và đối tượng nghiên cứu thực có thể có bản chất vật lý hoàn toàn khác nhau nhưng hoạt động theo những quy luật giống nhau. Các mô hình lý thuyết có thể có rất nhiều loại và tuỳ theo mức độ trừu tượng khác nhau.

a. Mô hình ký hiệu

Đó là hệ thống những ký hiệu được dùng để mô tả, thay thế một sự vật, hiện tượng vật lý. Trong vật lý rất hay sử dụng loại mô hình toán học.

- Mô hình công thức toán là những mô hình có bản chất vật lý khác với vật gốc, chúng diễn tả những đặc tính của vật gốc bằng một hệ thức toán học. Chẳng hạn như : Tất cả những đại lượng q biến thiên thoả mãn phương trình $q+\omega^2.q=0$ đều biến thiên theo một quy luật dao động điều hoà. Bởi vậy, có thể dùng công thức đó như mô hình của mọi loại dao động điều hoà, không phụ thuộc bản chất dao động. Mục đích của mô hình hoá là thay thế đối tượng nghiên cứu bằng phương trình sao cho có thể thu được những thông tin cần thiết một cách dễ dàng nhất. Bởi vậy, có thể ở giai đoạn đầu của quá trình nhận thức, xuất phát từ những yếu tố quan sát được (lực đàn hồi) để xây dựng mô hình dao động cơ học, sau đó dùng mô hình này để nghiên cứu dao động điện không quan sát trực tiếp được.

Mô hình đồ thị : Thông thường, một định luật vật lý được biểu diễn bằng một công thức toán học hoặc đồ thị tương ứng. Vậy đồ thị cũng là một loại mô hình, nhưng nhiều khi trong vật lý học, người ta xây dựng được các đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa hai đại lượng trước khi xây dựng được công thức biểu diễn nó. Dựa vào đồ thị, người ta mới xây dựng công thức biểu diễn nó. Nhiều khi đồ thị diễn tả được những diễn biến phức tạp mà công thức toán không làm được.

Trong nhiều trường hợp, có thể dựa vào đồ thị để giải thích sự diễn biến của hiện tượng (theo quan điểm vĩ mô - quan điểm hiện tượng luận). Chẳng hạn như : Người ta thường dựa vào đặc tuyến von - ampe của tranzito để chọn điểm làm việc của nó. Ngược lại, với một điểm làm việc nhất định, thì dựa vào đặc tuyến von - ampe, ta có thể biết tranzito hoạt động ở chế độ tuyến tính hay không tuyến tính.

Mỗi đồ thị không những chỉ phản ánh đơn thuần mối liên hệ hàm số giữa hai đại lượng vật lý, mà nó còn mang nhiều thông tin quý báu khác. Đó chính là chức năng tiên đoán của đồ thị. Ví dụ : Đồ thị của đường đẳng tích và đường đẳng áp đã cho ta tiên đoán sự tồn tại của độ không tuyệt đối.

Mô hình lôgic - toán : Mô hình này dựa trên ngôn ngữ toán học và được sử dụng rộng rãi trên các máy tính điện tử. Có thể coi mô hình dùng trong máy tính điện tử là mô hình ký hiệu đã được vật chất hoá. Những hiện tượng hoặc quá trình nghiên cứu được mô hình hoá dưới dạng chương trình của máy tính, nghĩa là hệ thống quy luật đã được mã hoá theo ngôn ngữ của máy, chương trình này có thể coi như algorit của các hành vi của đối tượng nghiên cứu.

b. Mô hình biểu tượng

Mô hình biểu tượng là dạng trừu tượng nhất của mô hình lý tưởng. Những mô hình biểu tượng không tồn tại trong không gian, trong thực tế mà chỉ có trong tư duy của ta. Ta chỉ nêu algorit đã tạo ra mô hình rồi hình dung nó trong óc, chứ không cần làm ra mô hình cụ thể. Với sự hình dung đó, người ta có thể hiểu được hành vi của mô hình (và do đó của đối tượng cần nghiên cứu) bằng cách suy luận lôgic. Ví dụ : Mô hình phân tử trong thuyết động học phân tử của chất khí là mô hình mang nhiều đặc tính không thể diễn tả bằng một vật cụ thể hay một ký hiệu (quả cầu đàn hồi, có lực hút, lực đẩy, chuyển động hỗn loạn...).

Mô hình biểu tượng nhiều khi được vật chất hoá dưới một dạng nào đó để hỗ trợ cho quá trình tư duy.

Trong vật lý học, những mô hình biểu tượng có tác dụng to lớn đối với quá trình nhận thức nên chúng giữ một vị trí quan trọng. Mô hình ký hiệu và mô hình biểu tượng trong sáng tạo khoa học vật lý liên quan mật thiết với nhau và có ảnh hưởng đến sự phát triển của nhau.

7.2. Phương pháp mô hình trong vật lý học

Trong phương pháp mô hình, người ta xây dựng các mô hình mang những tính chất cơ bản của vật thể, hiện tượng, quá trình và mối quan hệ giữa chúng. Việc nghiên cứu trên mô hình sẽ thay thế cho việc nghiên cứu trên chính đối tượng thực, những kết quả nghiên cứu trên mô hình sẽ chuyển sang cho đối tượng gốc, cho phép ta thu được những thông tin mới về đối tượng gốc, dự đoán được những tính chất, hiện tượng mới có thể có của vật gốc.

7.2.1. Cơ sở lý thuyết của phương pháp mô hình

Cơ sở lý thuyết của phương pháp mô hình là lý thuyết tương tự. Theo lý thuyết này, dựa vào sự giống nhau một phần về các tính chất hay về các mối quan hệ, ta có thể chuyển những thông tin thu thập được từ một đối tượng này sang một đối tượng khác. Thuật ngữ "đối tượng" ở đây dùng theo nghĩa rộng, chỉ một vật thể (hoặc hệ vật thể) hoặc một hình ảnh (hoặc một hệ hình ảnh) trừu tượng hay một sơ đồ lôgic.

Giả sử có một đối tượng A mà ta đã biết có những tính chất a_1, a_2, a_3,...., a_n , a_{n+1} , còn khi nghiên cứu một đối tượng B, ta chỉ mới thấy B có những tính chất a_1, a_2, a_3 ,..., a_n giống như đối tượng A. Ta có thể suy ra rằng: B cũng có tính chất a_{n+1} như đối tượng A, nếu như giữa a_1, a_2 , a_3 ,...., a_{n+1} có một quy luật lôgic gắn bó.

Rõ ràng kết luận rút ra trên từ suy luận tương tự chỉ có tính chất là một giả thuyết, là nguồn gốc tri thức mới. Giả thuyết đó chỉ trở thành chân lý khoa học khi chúng được kiểm tra và xác nhận bằng thực nghiệm.

Sở dĩ suy luận bằng phép tương tự đạt được những kết quả đáng tin cậy, trở thành một phương pháp có hiệu lực trong khoa học vì theo Keđrốp : Sự tương tự có nguyên nhân sâu xa là sự thống nhất bản chất bên trong của những hiện tượng khác nhau, sự thống nhất có tính tổng quát của các định luật chung chi phối những định luật riêng.

Trước hết, chúng tương tự với nhau vì chúng tuân theo những mối quan hệ nhân quả. Dựa trên sự tương tự giữa các hệ quả mà người ta có thể đưa ra sự tương tự giữa các nguyên nhân và ngược lại. D. Didorot đã viết : "Trong vật lý học, tất cả những hiểu biết của chúng ta đều dựa vào sự tương tự, nếu sự giống nhau về hệ quả mà không cho phép ta kết luận về sự giống nhau về nguyên nhân thì khoa học vật lý sẽ ra sao? Có cần phải đi tìm nguyên nhân của tất cả các hiện tượng tương tự, không loại trừ gì hết? Liệu điều đó có thực hiện được không? Y học và những lĩnh vực ứng dụng của vật lý sẽ như thế nào nếu không có nguyên lý tương tự đó... Có thể rút ra được kết luận gì từ rất nhiều sự kiện thực nghiệm và quan sát?".

Trong lịch sử khoa học, phương pháp tương tự đã dẫn đến nhiều phát minh vĩ đại. Đa số những giả thuyết khoa học ngày nay đều được đề xuất dựa trên sự tương tự với những nguyên lý, những tiên đề hoặc những kết quả đã có từ trước trong khoa học và đã được thực nghiệm xác nhận là đúng đắn.

7.2.2. Các giai đoạn của phương pháp mô hình

Trong vật lý, phương pháp mô hình nói chung gồm 4 giai đoạn sau :

Giai đoạn 1 : Nghiên cứu những tính chất của đối tượng gốc

Bằng quan sát thực nghiệm, người ta xác định được một tập hợp những tính chất của đối tượng nghiên cứu. Giai đoạn này còn được gọi là tập hợp các sự kiện ban đầu làm cơ sở để xây dựng mô hình.

Giai đoạn 2 : Xây dựng mô hình

Thông thường, do kết quả của sự tương tự, người ta đi đến hình dung sơ bộ về sự vật, hiện tượng cần nghiên cứu, tức là đi đến một mô hình sơ bộ, chưa đầy đủ. Trong giai đoạn này, trí tưởng tượng và trực giác giữ vai trò quan trọng. Nhờ có trí tưởng tượng và trực giác, người ta mới trừu xuất được những tính chất và những mối quan hệ thứ yếu của đối tượng nghiên cứu, thay nó bằng mô hình chỉ mang tính chất và những mối quan hệ chính mà ta phải quan tâm. Mô hình lúc ban đầu mới có ở trong óc người nghiên cứu. Nó trở thành mẫu dựa vào đó nhà nghiên cứu xây dựng những mô hình thật (nếu nhà nghiên cứu dùng phương pháp mô hình vật chất). Trong trường hợp mô hình lý tưởng thì người ta đem đối chiếu trong óc mô hình với những vật, những hiện tượng mà người ta đã quen biết. Chẳng hạn : Trong thuyết động học phân tử chất khí, người ta đã trừu xuất những chi tiết về cấu trúc của các phân tử chất khí, chỉ còn giữ lại những đặc điểm về mặt động học của các phân tử và thay thế những phân tử khí bằng những hạt. Những hạt này giống với những quả cầu va chạm tuyệt đối đàn hồi mà ta đã biết rõ những quy luật chi phối chúng.

Giai đoạn 3 : Thao tác trên mô hình, suy ra hệ quả lý thuyết

Sau khi xây dựng mô hình, người ta áp dụng những phương pháp lý thuyết hoặc thực nghiệm khác nhau tác động trên mô hình và thu được kết quả, những thông tin mới. Đối với các mô hình vật chất thì người ta làm thí nghiệm thực trên mô hình. Còn đối với mô hình lý tưởng thì tiến hành thao tác trên mô hình trong óc, tức là áp dụng những phép tính hay những phép suy luận lôgic trên các ký hiệu. Người ta coi công việc này như làm một thí nghiệm đặc biệt, gọi là thí nghiệm lý tưởng. Thí nghiệm lý tưởng tuy không có thật nhưng có vai trò rất lớn trong khoa học. Theo Heisenberg : Những thí nghiệm đó được sáng tạo ra để giải thích những vấn đề đặc biệt quan trọng,bất kể là thực tế ta có thể thực hiện được thí nghiệm đó hay không. Dĩ nhiên, điều quan trọng là thí nghiệm đó có thể thực hiện được về nguyên tắc, mặc dù kỹ thuật thực nghiệm của nó có thể rất phức tạp.

Trong phương pháp mô hình lý tưởng, người ta đã biết trước hành vi của mô hình trong những điều kiện xác định theo những quy luật riêng. Điều người ta muốn biết thêm là hệ quả của những hành vi đó như thế nào ?

Thí nghiệm lý tưởng thực chất là một thao tác lôgic, chứ không phải là một phương pháp nghiên cứu khách quan, những kết quả trên mô hình phải được chuyển về đối tượng nghiên cứu (đối tượng gốc) xem có phù hợp hay không.

Giai đoạn 4 : Thực nghiệm kiểm tra

Bản thân mô hình là một sản phẩm của nhận thức nên cần phải kiểm tra sự đúng đắn của nó bằng cách đối chiếu kết quả thu được từ mô hình với những kết quả thu được trực tiếp từ đối tượng gốc. Nếu sai lệch thì phải điều chỉnh ngay chính mô hình, có trường hợp phải bỏ hẳn mô hình đó và thay bằng một mô hình khác. Ví dụ như : Mô hình cấu tạo phân tử khí lý tưởng vừa là đối tượng của nhận thức vừa là phương tiện nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu trên mô hình đó đem áp dụng vào khí thực có sai lệch với thực tế. Bởi vậy, phải chỉnh lý mô hình khí lý tưởng và phải xây dựng mô hình khí thực.

Nếu bản thân mô hình không phải là đối tượng của nhận thức mà chỉ là phương tiện để nghiên cứu thì việc xử lý kết quả, hợp thức mô hình là phải phân tích những kết quả thu được trên mô hình thành những thông tin thực về đối tượng nghiên cứu (ví dụ như : Mô hình kỹ thuật, mô hình toán học...). Nếu những thông tin ấy không phù hợp với thực tiễn thì cũng phải chỉnh lý lại mô hình.

Mỗi mô hình chỉ phản ánh được một hay một số mặt của đối tượng nghiên cứu, còn nhiều mặt khác thì không phản ánh được, thậm chí phản ánh sai lệch.

Những mô hình đã được kiểm nghiệm trong thực tế là những mô hình hợp thức và dùng để phản ánh một số mặt của thực tế khách quan. Nó có thể thay đổi, hoàn chỉnh thêm hoặc bị bác bỏ khi người ta có thêm thông tin chính xác hơn về đối tượng gốc.

7.2.3. Những ưu điểm và nhược điểm của phương pháp mô hình trong vật lý học

a) Những ưu điểm

Trước hết, phương pháp mô hình giúp ta hiểu rõ đối tượng nghiên cứu. Mô hình là vật đại diện, trên đó ta sẽ tác động những thao tác lôgic và thực nghiệm. Rất nhiều hiện tượng và quá trình được giải thích rõ ràng thông qua mô hình. Ví dụ như : Mô hình khí lý tưởng giải thích các định luật thực nghiệm về chất khí (Bôi - Mariot, Gaylytsac, Saclơ).

Sự giải thích bằng mô hình là một hình thức cổ xưa nhất trong khoa học. Người ta coi những quy luật chi phối mô hình cũng là những quy luật của chính đối tượng nghiên cứu. Ngày nay, khi khoa học đi sâu vào thế giới vi mô không trực tiếp quan sát được thì chức năng giải thích của các mô hình càng có hiệu lực.

Nhiều khi cùng một đối tượng phải dùng đến nhiều mô hình mới giải thích được. Những mô hình này có thể có những tính chất trái ngược nhau. Chẳng hạn như : Để giải thích sự truyền ánh sáng, trong vật lý học cổ điển, người ta dùng mô hình "hạt ánh sáng", nhưng sau đó khi phát hiện ra hiện tượng giao thoa ánh sáng thì lại dùng "mô hình sóng ánh sáng" để giải thích. Đối với vật lý cổ điển thì hai khái niệm sóng và hạt là hoàn toàn khác biệt. Chỉ mãi đến đầu thế kỷ 20 sau khi xây dựng cơ học lượng tử, mô hình lưỡng tính sóng - hạt của ánh sáng mới xoá bỏ được sự không tương thích đó.

Có trường hợp một mô hình có thể dùng cho nhiều loại hiện tượng khác nhau về bản chất. Ví dụ : Phương trình sóng có thể là mô hình của sự lan truyền âm trong không khí, của sự lan truyền sóng điện từ trong chân không, của chuyển động của êlectron trong nguyên tử. Điều đó nói lên một lần nữa sự thống nhất của thế giới vật chất.

Xu hướng hiện đại của vật lý học là xây dựng những mô hình khái quát phản ánh nhiều mặt của thế giới khách quan.

Phương pháp mô hình trong nhiều trường hợp đã dẫn đến những lý thuyết mới. Chẳng hạn như : Mô hình sóng Đơbroi đã dẫn đến cơ học lượng tử.

Phương pháp mô hình có thể giúp ta phát hiện ra những sự kiện mới chưa biết. Đặc biệt, mô hình toán học nhiều khi có tác dụng tiên đoán rất lớn. Chẳng hạn: Dựa vào phương trình năng lượng của êlectron: $E^2 = p^2 c^2 + m_o^2 c^2$, Đirắc đã tiên đoán được : Ngoài êlectron có năng lượng dương, còn tồn tại một hạt khác có năng lượng âm $E = -\sqrt{p^2c^2 + m_0^2c^2}$. Điều này về sau thực nghiệm đã xác nhận là đúng. Hạt có năng lượng âm đó chính là positron.

Cơ học lượng tử không những chỉ nói đến ánh sáng mà còn chứng minh bằng lý thuyết rằng : Các hạt vi mô khác đều có tính chất sóng. Điều tiên đoán này đã được thực nghiệm xác nhận.

b) Những nhược điểm

Các nhà khoa học đều công nhận tác dụng lớn lao của phương pháp mô hình, nhưng đồng thời cũng nhấn mạnh tính gần đúng, tính tạm thời của nó. Các mô hình tuy phản ánh thế giới khách quan nhưng không thể thay thế hoàn toàn hiện thực khách quan được. Thậm chí nhiều mô hình chỉ có giá trị hoàn toàn như một phương tiện, công cụ. Ví dụ : Macxoen dùng mô hình "ête vũ trụ" để xây dựng các phương trình Macxoen về điện từ trường, nhưng ngay trong các phương trình đó, cũng không có số hạng nào đặc trưng cho ête vũ trụ. Trong thuyết của Macxoen không nói gì đến vai trò của ête vũ trụ trong các hiện tượng điện từ. Vì vậy, chính Macxoen cũng coi ête vũ trụ như là một bộ "giàn giáo" để xây dựng một toà nhà và khi toà nhà đã xây dựng xong thì bộ "giàn giáo" cũng bị giỡ bỏ đi.

Mặt khác, mặc dù mỗi mô hình chỉ phản ánh được một mặt nào đó của thế giới khách quan, nhưng khi sử dụng một mô hình, người ta thường gán cho nó một tầm khái quát rộng hơn. Và, có khi vì quá tin vào một mô hình đã được xác lập mà người ta đi đến sự bảo thủ, không thừa nhận những sự kiện thực tế mới, trái với mô hình đó. Ví dụ như : Vì quá tin vào mô hình cơ học của thế giới (theo Niutơn) nên các nhà khoa học phải trải qua một thời kỳ dài dằn vặt và đấu tranh mới xác lập được những quan điểm lượng tử và tương đối tính là những mô hình mới phản ánh sâu sắc, đầy đủ hơn thế giới vật chất.

7.3. Phương pháp mô hình trong dạy học vật lý

7.3.1. Vai trò của mô hình trong dạy học vật lý

Trong nghiên cứu khoa học vật lý, mô hình và phương pháp mô hình có chức năng nhận thức, nó giúp ta phát hiện ra những đặc tính mới, hiện tượng mới, quy luật mới. Nếu xem xét quá trình học tập của học sinh là một quá trình hoạt động nhận thức thì mô hình cũng có chức năng như trong nghiên cứu khoa học vật lý. Ngoài ra, trong dạy học, nhiều khi học sinh không đủ khả năng xây dựng mô hình để thay thế vật gốc trong nghiên cứu nhưng giáo viên có thể sử dụng mô hình với mục đích sư phạm như một phương tiện trực quan nhằm làm cho học sinh hiểu rõ một vấn đề nào đó.

Ví dụ như trong nghiên cứu khoa học, những mô hình vật chất có vai trò rất hạn chế vì nó ít mang lại những thông tin mới khi thao tác trên mô hình. Nhưng trong dạy học, nhiều mô hình lại có tác dụng quan trọng làm cho học sinh hiểu được những cái không quan sát trực tiếp được, ví dụ như mô hình cấu tạo bên trong của động cơ nổ, mô hình chuyển động Braonơ. Dù ta có cho học sinh trực tiếp quan sát một động cơ nổ thực còn nguyên vẹn thì họ cũng không thể thấy được cấu tạo bên trong của nó và hoạt động của các van và bugi trong khi động cơ vận hành. Bởi thế, trong dạy học, ta dùng mô hình động cơ đốt trong bổ dọc. Còn với chuyển động Braonơ, vừa không quan sát được các phân tử nước chuyển động va chạm vào các hạt phấn hoa, vừa khó hình dung tại sao hạt phấn hoa lại chuyển động hỗn loạn. Mô hình chuyển động Braonơ dùng các viên bi sắt nhỏ được một cơ chế làm cho bắn lung tung hỗn loạn trong một hộp thuỷ tinh, còn hạt phấn hoa là một vật tròn lớn. Quan sát vật tròn bị các viên bi nhỏ đập vào hỗn độn theo mọi phía, học sinh dễ dàng hiểu được cơ chế chuyển động Braonơ, do đó mà hình dung được cấu tạo phân tử của nước. Như vậy, mô hình vật chất cũng có vai trò quan trọng trong dạy học, đặc biệt là các mô hình vật thể động, mô hình vẽ nhiều giai đoạn liên tiếp hay mô hình trên phim ảnh (được sử dụng ngày càng rộng rãi).

Còn đối với các mô hình lý tưởng, tuy rất có tác dụng trong hoạt động nhận thức nhưng nhiều khi đòi hỏi ở học sinh một trình độ tư duy trừu tượng cao, một cơ sở thực nghiệm phong phú và kinh nghiệm bản thân dồi dào mới có thể xây dựng được mô hình. V. G. Razumốpxki khi bàn về phương pháp mô hình trong dạy học cũng nhận định rằng : "ở giai đoạn xây dựng mô hình, vì việc tìm ra những đối tượng trừu tượng thích hợp có thể thay thế cho sự vật, quá trình, hiện tượng nghiên cứu là rất khó, nên thông thường thì học sinh không thể tự làm được việc đó, tính tự lực của họ trong giai đoạn này bị hạn chế".

Bởi vậy, trong dạy học ở trường phổ thông, trong khuôn khổ bài học không cho phép chúng ta tổ chức quá trình học tập sao cho học sinh hoàn toàn tự lực "khám phá lại" các định luật vật lý, xây dựng các mô hình, nhưng cũng hoàn toàn đủ để cho họ được "trải qua" những giai đoạn của sự phát minh khoa học, hiểu được ý nghĩa của các sự kiện xuất phát, vai trò của các mô hình, tầm quan trọng của sự kiểm tra bằng thực nghiệm những hệ quả lý thuyết. Nói cách khác, trong dạy học vật lý ở trường phổ thông, ta ít có điều kiện áp dụng đầy đủ các giai đoạn của phương pháp mô hình để giải quyết một vấn đề nhận thức. Tuỳ theo hoàn cảnh cụ thể về trình độ học sinh, nội dung vấn đề, phương tiện thí nghiệm mà định ra mức độ tham gia của học sinh một cách hợp lý vào các giai đoạn của phương pháp mô hình.

7.3.2. Các mức độ sử dụng phương pháp mô hình trong dạy học vật lý

Mức độ 1 : Giáo viên trình bày các sự kiện thực tế mà học sinh không thể giải thích được bằng kiến thức cũ của họ, sau đó đưa ra mô hình mà các nhà khoa học đã xây dựng và vận dụng mô hình để giải thích các sự kiện trên. Học sinh có phần thụ động tiếp thu thông tin về các mô hình, chỉ cần họ biết phân biệt mô hình với thực tế và làm quen với cách sử dụng mô hình để giải thích thực tế. Ví dụ như : ở lớp 9 khi học về điện, sau khi nêu một số hiện tượng gọi là nhiễm điện, giáo viên giới thiệu một số điểm sơ bộ về mô hình cấu tạo nguyên tử và sử dụng mô hình đó để giải thích hiện tượng nhiễm điện và dẫn điện. ở đây, không đủ điều kiện để học sinh tham gia vào việc xây dựng mô hình cấu tạo nguyên tử.

Mức độ 2 : Học sinh sử dụng mô hình mà giáo viên đã đưa ra để giải thích một số hiện tượng đơn giản tương tự với hiện tượng ban đầu đã biết. Ví dụ : Sau khi đã biết mô hình hai loại điện tích dương và âm, sự tương tác giữa chúng, giáo viên có thể hướng dẫn học sinh vận dụng để giải thích vì sao hai lá của điện nghiệm lại xoè ra khi tích điện cho điện nghiệm hoặc hiện tượng nhiễm điện bằng hưởng ứng, bản chất của dòng điện...

Mức độ 3 : Học sinh sử dụng mô hình mà giáo viên đã đưa ra để dự đoán hiện tượng mới. Ví dụ : Sau khi giáo viên giới thiệu mô hình vectơ quay để tổng hợp các dao động điều hoà, giáo viên hướng dẫn học sinh sử dụng mô hình này để tìm dao động tổng hợp của các hiệu điện thế xoay chiều trong mạch điện RLC có điện trở, cuộn cảm và tụ điện. Kết quả ta thu được một dao động điện tổng hợp cũng là một dao động điều hoà mà ta tính được các thông số đặc trưng của nó dựa trên mô hình. Có thể kiểm tra kết quả dự đoán này trên dao động ký điện tử.

Mức độ 4 : Học sinh dưới sự hướng dẫn của giáo viên tham gia vào cả 4 giai đoạn của phương pháp mô hình, do đó nắm vững tính năng của mô hình và sử dụng được mô hình để giải quyết nhiệm vụ nhận thức.

Ví dụ : Học sinh có thể tham gia xây dựng mô hình cấu tạo phân tử của chất và vận dụng nó để giải thích một số hiện tượng về chất khí, chất lỏng và chất rắn.Đầu tiên, giáo viên cho học sinh quan sát một số hiện tượng thực tế không thể giải thích được bằng tính chất cấu tạo liên tục của các chất, gợi cho học sinh ý tưởng về cấu tạo gián đoạn của chúng, chẳng hạn như hiện tượng khuyếch tán của chất khí, chất lỏng, chất rắn. Đặc biệt quan trọng là chuyển động Braonơ chỉ có thể giải thích được nếu ta thừa nhận chất lỏng được cấu tạo bởi một số rất lớn các phần tử nhỏ bé, luôn chuyển động hỗn loạn đến va chạm vào hạt phấn hoa từ mọi phía. Những sự kiện đó dẫn đến ý tưởng xây dựng một mô hình để phản ánh hai đặc tính của các chất : Các chất có cấu tạo từ những hạt vô cùng nhỏ bé chuyển động hỗn loạn không ngừng. Giáo viên thông báo thêm là các nhà bác học giả định thêm rằng : Các hạt nhỏ bé gọi là phân tử đó chuyển động và tương tác với nhau theo các định luật của cơ học Niutơn. Tiếp tục quan sát chuyển động Braonơ, học sinh thấy rằng : Các hạt Braonơ chuyển động nhanh hơn khi ta tăng nhiệt độ; hiện tượng khuyếch tán cũng xảy ra nhanh hơn khi ta tăng nhiệt độ. Học sinh có thể phát hiện ra một đặc tính mới của các chất và thể hiện trên mô hình : Vận tốc chuyển động của các phân tử tăng lên khi nhiệt độ tăng. Một số hiện tượng khác chỉ có thể giải thích được, nếu ta thừa nhận giữa các phân tử có lực tương tác Nếu ta nén một chất để thu nhỏ thể tích lại thì ta gặp phải một lực đẩy chống lại lực nén, ngược lại nếu ta kéo dãn một vật thì gặp phải một lực kéo lại. Tổng hợp tất cả những sự kiện trên đây dẫn đến xây dựng một mô hình cấu tạo phân tử của chất. Mô hình này mới chỉ phản ánh được bốn tính chất của chất (cấu tạo gián đoạn, chuyển động hỗn loạn không ngừng, có khoảng cách và lực tương tác, vận tốc tăng theo nhiệt độ). Rõ ràng còn nhiều tính chất khác của chất chưa được phản ánh trong mô hình trên.

Sau khi xây dựng xong mô hình (được phát biểu dưới dạng "thuyết động học phân tử"), giáo viên hướng dẫn học sinh vận dụng mô hình để giải thích hoặc dự đoán một số hiện tượng mới. Điều đó có tác dụng khẳng định thêm giá trị nhận thức, phát hiện cái mới của phương pháp mô hình. Ví dụ như : Chất khí và chất lỏng gây áp suất lên mọi phía của thành bình, sự giãn nở của các chất theo nhiệt độ, các định luật về khí lý tưởng... Trong nhiều trường hợp, có thể tổ chức cho học sinh quan sát thí nghiệm kiểm tra những dự đoán trên.

Mức độ 5 : Học sinh tự lực xây dựng mô hình để giải quyết nhiệm vụ nhận thức của mình. Ví dụ như : Học sinh tự lực xây dựng mô hình đồ thị biểu diễn sự biến thiên của lực đàn hồi theo độ giãn: $F=-k.x$.Dựa trên đồ thị đó, tính được công của lực đàn hồi khi làm cho vật lệch ra khỏi vị trí cân bằng một độ dời x. Nhờ thế mà lập được công thức tính thế năng của vật trong trường hợp lực đàn hồi , trong khi chưa biết phép tính vi phân, tích phân.

Trong trường hợp phải xây dựng mô hình biểu tượng thì học sinh gặp nhiều khó khăn. Đối với trường hợp dùng mô hình toán học thì ở các lớp trên có nhiều thuận lợi hơn. Ví dụ như : ở lớp 12, khi xây dựng được công thức biến đổi của một đại lượng x có dạng $\ddot{x} + \omega^2 x = 0$ thì có thể kết luận rằng đại lượng đó biến thiên theo một quy luật hình sin: $x = A\sin(\omega t + \varphi)$. Vận dụng mô hình đó vào mạch điện RLC, ta thiết lập được công thức biến đổi của điện tích q trong mạch điện có dạng : $q \quad + 1/LC \,.\, q = 0$. Do đó, suy ra điện tích trong mạch cũng biến đổi theo quy luật hình sin : $q = Q_0 \sin(\omega t + \varphi)$.

7.3.3. Ví dụ về việc sử dụng phương pháp mô hình trong dạy học vật lý

Sử dụng mô hình đường cảm ứng từ trong dạy học về từ trường và hiện tượng cảm ứng điện từ (lớp 11)

Giai đoạn 1

Học sinh đã biết rằng : Nếu để một kim sắt lại gần một nam châm thì kim sắt sẽ bị nam châm tác dụng một lực hút. Giáo viên giới thiệu hai sự kiện mới sau đây mà học sinh có thể quan sát được qua thí nghiệm đơn giản :

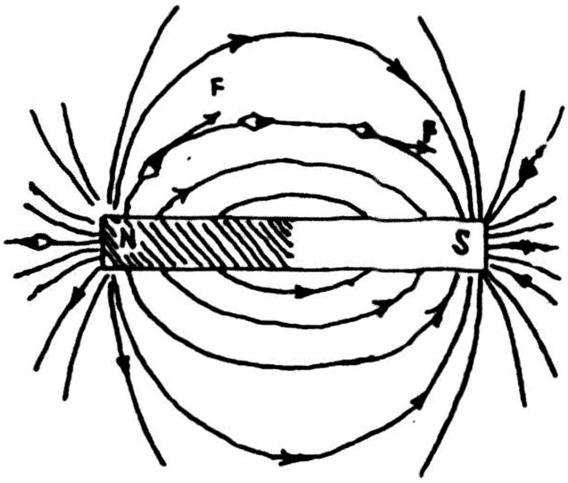
- Đặt nam châm lên một tấm bìa nằm ngang rồi rắc mạt sắt chung quanh nam châm và gõ nhẹ tấm bìa, sẽ thấy : Các mạt sắt sắp xếp theo một trật tự xác định, có dạng như những đường cong tập trung vào hai cực của nam châm. Nếu ta lại gõ nhẹ tấm bìa, từng "đường cong mạt sắt' có thể thay đổi nhưng hình dạng tổng thể của hệ thống các đường cong này vẫn không đổi.

- Khi di chuyển một kim nam châm nhỏ có trục quay dọc theo một trong những đường cong đó, thì thấy : ở mỗi điểm trên đường cong đó, kim nam châm luôn có một hướng xác định, trục nam - bắc của kim nam châm luôn tiếp tuyến với đường cong. Điều đó có nghĩa là : Lực tác dụng của nam châm vào cực bắc của kim nam châm tại mỗi điểm có một hướng xác định, hướng đó thay đổi theo vị trí của kim nam châm trong không gian quanh nam châm.

Giai đoạn 2

- Giáo viên hướng dẫn học sinh dựa vào dạng của các "đường cong mạt sắt" để vẽ các đường cong và các véc tơ lực tác dụng lên cực bắc của kim nam châm ở các điểm liên tiếp trên các đường cong đó. Ở đây, học sinh không thể tự mình vẽ được cả hệ thống đường cong. Vì vậy, sau khi học sinh vẽ được một vài đường chưa đầy đủ, giáo viên thông báo cho học sinh biết : Ta có thể vẽ được những đường cong liên tục để biểu diễn phương, chiều của lực từ tác dụng lên cực bắc của kim nam châm đặt tại mỗi điểm trong không gian quanh nam châm.

Đó là những đường cong liên tục nối hai cực của nam châm sao cho tiếp tuyến tại mỗi điểm trên đường cong trùng với phương của véc tơ lực từ tác dụng lên cực bắc của kim nam châm đặt tại điểm đó và hướng theo cực bắc của kim nam châm. Những đường cong đó được gọi là những đường cảm ứng từ (h.16).



Hình 16. Các đường cảm ứng từ của thanh nam châm

- Sau khi vẽ hệ thống đường cảm ứng từ quanh nam châm, giáo viên yêu cầu học sinh nhận xét xem ở chỗ nào thì lực từ mạnh hơn và ở chỗ đó, sự phân bố các đường cảm ứng từ có gì khác với chỗ khác. Học sinh dễ dàng thấy rằng : ở chỗ lực từ mạnh hơn (ở gần hai cực của nam châm) thì các đường cảm ứng từ mau hơn so với chỗ khác. Trong thí nghiệm, ở chỗ lực từ mạnh hơn thì các đường cong mạt sắt xít hơn so với những chỗ khác.

Như vậy, mô hình đường cảm ứng từ không những biểu diễn được hướng mà còn cả độ lớn của lực từ ở mỗi điểm trong không gian quanh nam châm.

- Đến đây, học sinh chỉ mới biết được một đặc tính của khoảng không gian chung quanh nam châm là tác dụng lực từ lên cực bắc của kim nam châm đặt trong đó. Giáo viên thông báo thêm rằng : Các nhà khoa học đã chứng tỏ được rằng : Trong khoảng không gian chung quanh nam châm có một môi trường vật chất được gọi là từ trường. Ở những bài học sau, học sinh sẽ biết : Từ trường tác dụng lực từ không những lên cực bắc kim nam châm mà còn lên một dây dẫn có dòng điện chạy qua đặt trong nó.

- Cần lưu ý học sinh rằng : Tuy số đường cảm ứng từ trên mô hình là một số hữu hạn theo quy ước của người vẽ nhưng từ trường tồn tại ở mọi điểm trong không gian quanh nam châm, chứ không phải chỉ tồn tại trên mặt phẳng tấm bìa nằm ngang được rắc mạt sắt và cũng không chỉ ở những chỗ vẽ các đường cảm ứng từ. Giáo viên có thể dùng mô hình vật chất gồm nhiều kim nam châm nhỏ gắn trên những bản nhựa trong suốt có trục quay trùng với trục của nam châm để minh hoạ điều này. Khi quay các bản nhựa đó quanh trục quay thì các kim nam châm vẫn sắp xếp theo những đường cong xác định.

Giai đoạn 3 và giai đoạn 4

- Khi nghiên cứu hiện tượng cảm ứng điện từ, thông thường khó có thể nhận thấy mối quan hệ giữa từ trường của nam châm và dòng điện cảm ứng trong ống dây chuyển động tương đối so với nam châm. Nhưng học sinh có thể phát hiện ra điều đó nhờ sử dụng mô hình đường cảm ứng từ vẽ trên bản mỏng trong suốt. Khi đưa mô hình đó lại gần đầu một ống dây được vẽ trên một bản giấy trắng, học sinh thấy rõ số đường cảm ứng từ qua mặt ống dây tăng lên; ta nói là : Từ thông gửi qua diện tích S của mặt ống dây tăng lên.

Nếu thay nam châm vĩnh cửu bằng nam châm điện, cũng có thể dễ dàng nhận xét rằng : Nếu tăng cường độ dòng điện vào nam châm điện thì từ trường của nam châm mạnh lên và trên mô hình, số đường cảm ứng từ sẽ dày đặc hơn. Do đó, số đường cảm ứng từ đi qua diện tích S của mặt ống dây cũng tăng lên.

Như vậy, việc sử dụng mô hình đường cảm ứng từ giúp ta phát hiện ra định luật cảm ứng điện từ : Dòng điện cảm ứng xuất hiện trong một khung dây dẫn kín khi từ thông qua tiết diện của khung dây biến thiên.

-Bằng mô hình đường cảm ứng từ, ta có thể dự đoán một hiện tượng mới như sau : Ta có một mạch điện trong đó có dòng điện chạy qua nhờ một nguồn điện (một bộ pin chẳng hạn). Điều gì sẽ xảy ra trong mạch điện, nếu ta đột ngột ngắt mạch điện khỏi nguồn ? Trước khi ngắt mạch, chung quanh dây dẫn có một từ trường, từ trường này gửi qua mặt giới hạn S của mạch điện một số đường cảm ứng từ. Khi ngắt mạch điện, từ trường này biến mất, số đường cảm ứng từ qua mặt S giảm đi rất nhanh, nghĩa là từ thông qua mặt S biến thiên rất nhanh. Do đó, trong mạch điện sẽ xuất hiện một dòng điện cảm ứng mạnh trong thời gian ngắt mạch ngắn. Thí nghiệm đã xác nhận điều dự đoán này. Người nào ngắt mạch điện cũng đều nhận thấy : Có một tia lửa điện xuất hiện ở chỗ bị ngắt, đó là tia lửa điện do dòng điện cảm ứng mạnh gây ra.

- Bằng mô hình đường cảm ứng từ, ta còn có thể phát hiện ra một điều quan trọng là : Không gian chung quanh dòng điện cũng tồn tại từ trường.

Hiện nay, trong một số sách giáo khoa, thông qua việc nêu ra các thí nghiệm : Thí nghiệm về tương tác giữa thanh nam châm và kim nam châm, thí nghiệm Ơcstet về tác dụng của dòng điện lên kim nam châm và thí nghiệm Ampe về tương tác giữa hai dòng điện thẳng song song để nhận xét về sự tương đương giữa dòng điện và nam châm, rút ra kết luận : Khoảng không gian chung quanh nam châm và khoảng không gian chung quanh dòng điện có tính chất giống nhau là tác dụng lực từ lên kim nam châm đặt trong chúng. Thật ra, từ hướng của các lực từ tác dụng lên kim nam châm trong các thí nghiệm trên, rất khó rút ra sự tương đương giữa dòng điện và nam châm. Theo Anhstanh, sự tương đương trên chỉ thể hiện rõ rệt khi khảo sát từ phổ của thanh nam châm và từ phổ của ống dây điện có dòng điện không đổi chạy qua. Mô hình đường cảm ứng từ trong cả hai trường hợp là giống nhau. Như vậy, việc sử dụng mô hình đường cảm ứng từ giúp ta phát hiện được rằng : Khoảng không gian chung quanh dòng điện cũng tồn tại từ trường giống như khoảng không gian chung quanh nam châm.

- Sự phát hiện ra từ trường của dòng điện và mô hình đường cảm ứng từ của dòng điện giúp ta dự đoán và giải thích một loạt hiện tượng mới sau này; ví dụ như : Thay nam châm vĩnh cửu bằng nam châm điện thuận tiện hơn và mạnh hơn, thay nam châm quay để tạo ra từ trường quay trong động cơ không đồng bộ ba pha bằng từ trường quay của dòng điện ba pha.

- Cần lưu ý học sinh rằng : Mô hình đường cảm ứng từ không thể thay thế được từ trường thực vì nó chỉ phản ánh được một tính chất của từ trường, còn những tính chất khác như năng lượng, xung lượng của từ trường không được thể hiện trong mô hình này.

CHƯƠNG 8

HƯỚNG DẪN HỌC SINH GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ TRONG DẠY HỌC VẬT LÝ Ở TRƯỜNG PHỔ THÔNG

Hoạt động nhận thức của con người chỉ thực sự bắt đầu khi con người gặp phải mâu thuẫn : Một bên là trình độ hiểu biết đang có, bên kia là nhiệm vụ mới phải giải quyết một vấn đề mà những kiến thức, kỹ năng đã có không đủ. Để giải quyết được nhiệm vụ nhận thức mới, khắc phục được mâu thuẫn trên thì phải xây dựng kiến thức mới, phương pháp mới, kỹ năng mới. Như vậy, hoạt động nhận thức của học sinh trong học tập thực chất là hoạt động giải quyết vấn đề nhận thức.

Ở trên, chúng ta đã khảo sát một số phương pháp nhận thức được dùng phổ biến trong học tập vật lý, mỗi phương pháp nhận thức đó thích hợp cho một số trường hợp cụ thể trên con đường hoạt động sáng tạo và chúng luôn luôn được sử dụng phối hợp, hỗ trợ lẫn nhau. Tuy nhiên, để cho việc sử dụng các phương pháp đó trong quá trình tổ chức hoạt động nhận thức của học sinh đạt hiệu quả, chúng ta cần nghiên cứu một số nét chung của quá trình tổ chức hướng dẫn học sinh giải quyết vấn đề. Trên cơ sở đó, có thể định hướng cho việc lựa chọn phương pháp nhận thức thích hợp để giải quyết vấn đề. Quá trình học tập sẽ là quá trình liên tiếp giải quyết các vấn đề học tập.

8.1. Tiến trình giải quyết vấn đề trong khoa học

Ta có thể hình dung tiến trình giải quyết một vấn đề khoa học kỹ thuật của nhà bác học diễn ra như sau :

- Xác định rõ nội dung, yêu cầu của vấn đề cần giải quyết, những điều kiện đã cho và những điều cần đạt tới.

- Tìm hiểu xem trong kho tàng kiến thức, kinh nghiệm của loài người đã có cách giải quyết vấn đề đó hoặc vấn đề tương tự chưa.

- Nếu đã có, thì liệt kê tất cả những giải pháp đã có và lựa chọn một giải pháp thích hợp.

- Nếu chưa có, thì phải đề xuất ra giải pháp mới hay xây dựng kiến thức, phương tiện mới dùng làm công cụ để giải quyết vấn đề.

- Thử nghiệm áp dụng kiến thức mới, giải pháp mới vào thực tiễn để đánh giá hiệu quả của chúng, từ đó bổ sung, hoàn thiện kiến thức đã xây dựng, giải pháp đã đề xuất.

8.2. Đặc điểm của quá trình học sinh giải quyết vấn đề trong học tập

Ta có thể phỏng theo tiến trình giải quyết một vấn đề khoa học kỹ thuật của nhà bác học để tổ chức quá trình dạy học ở trường phổ thông nhằm hình thành ở học sinh năng lực giải quyết vấn đề. Ta gọi kiểu dạy học đó là dạy học giải quyết vấn đề.

Tuy nhiên, để có thể thành công, cần phải chú ý đến những điểm khác nhau giữa nhà bác học và học sinh trong khi giải quyết vấn đề, trên cơ sở đó đề xuất những biện pháp sư phạm thích hợp. Những điểm đó là :

a) Về động cơ, hứng thú, nhu cầu

Nhà bác học khi giải quyết vấn đề là đã tự xác định được rõ mục đích, tự nguyện đem hết sức mình giải quyết bằng được vấn đề đặt ra, coi đó là nhu cầu bức thiết của cá nhân. Còn ở học sinh, động cơ, hứng thú đang được hình thành, ý thức về mục đích, trách nhiệm còn mờ nhạt, do đó chưa tập trung chú ý đem sức mình để giải quyết vấn đề học tập.

b) Về năng lực giải quyết vấn đề

Khi chấp nhận giải quyết một vấn đề, nhà bác học đã có trình độ kiến thức, kỹ năng, kỹ xảo cần thiết. Tuy nhiên, nhiều khi nhà bác học cũng phải tích luỹ thêm kinh nghiệm, sáng tạo thêm phương tiện lý thuyết và phương tiện vật chất để hoạt động. Còn đối với học sinh, đây mới chỉ là bước đầu làm quen với việc giải quyết một vấn đề khoa học. Vấn đề đặt ra cho học sinh phải giải quyết cũng giống như vấn đề của nhà bác học nhưng kiến thức, kinh nghiệm, năng lực của họ còn rất hạn chế.

c) Về thời gian dành cho việc giải quyết vấn đề

Những kiến thức mà học sinh cần chiếm lĩnh là những kiến thức mà nhiều thế hệ các nhà bác học đã phải trải qua thời gian dài mới đạt được và mỗi nhà bác học cũng chỉ góp một phần nhỏ vào lâu đài khoa học đó. Còn học sinh thì chỉ được dành một thời gian ngắn, thậm chí chỉ 30 phút đồng hồ đã phải phát hiện ra một định luật vật lý. Đó là điều quá sức mà ngay cả các bậc thiên tài cũng khó làm được.

d) Về điều kiện phương tiện làm việc

Nhà bác học có trong tay hoặc phải tạo ra những phương tiện chuyên dùng đạt độ chính xác cao và những điều kiện thích hợp nhất để giải quyết vấn đề. Còn học sinh chỉ có những phương tiện thô sơ của trường phổ thông với độ chính xác thấp, chỉ có điều kiện làm việc tập thể ở lớp hay ở phòng thực hành, có khi không thể lặp đi lặp lại nhiều lần.

Những điều phân tích trên đây dẫn đến kết luận là: Học sinh không thể hoàn toàn tự lực xây dựng kiến thức khoa học được mà cần phải có sự giúp đỡ cuả giáo viên. Sự giúp đỡ của giáo viên không phải là giảng giải, cung cấp cho học sinh những kiến thức có sẵn mà là tạo điều kiện để họ có thể trải qua các giai đoạn chính của quá trình giải quyết vấn đề và tự lực thực hiện một số khâu trong tiến trình đó, động viên, khuyến khích học sinh kịp thời.

Như vậy, quá trình học tập của học sinh thực chất là quá trình học sinh hoạt động tự lực trong sự phối hợp với tập thể lớp và sự giúp đỡ, hướng dẫn của giáo viên liên tiếp giải quyết những vấn đề do nhiệm vụ học tập đề ra, kết quả của quá trình giải quyết những vấn đề đó là học sinh chiếm lĩnh được kiến thức và phát triển được năng lực của mình.

8.3. Tổ chức tình huống học tập

8.3.1. Những đặc điểm của tình huống học tập trong kiểu dạy học giải quyết vấn đề

Tình huống học tập là hoàn cảnh trong đó xuất hiện mâu thuẫn nhận thức mà học sinh chấp nhận việc giải quyết mâu thuẫn đó như một nhiệm vụ học tập và sẵn sàng đem sức lực trí tuệ ra để giải quyết. Trong học tập, mâu thuẫn nhận thức được hiểu là mâu thuẫn giữa một bên là nhiệm vụ phải giải quyết một vấn đề với bên kia là vốn kiến thức, kỹ năng, phương pháp đã biết không đủ để giải quyết vấn đề hoặc mới nhìn không thấy rõ mối liên quan giữa chúng với vấn đề cần giải quyết. Tình huống học tập có những đặc điểm sau đây :

- Chứa đựng vấn đề (mâu thuẫn nhận thức) mà việc đi tìm lời giải đáp chính là đi tìm kiến thức, kỹ năng, phương pháp mới.

- Gây sự chú ý ban đầu, kích thích hứng thú, khởi động tiến trình nhận thức của học sinh. Học sinh chấp nhận mâu thuẫn khách quan thành mâu thuẫn chủ quan.

- Vấn đề cần giải quyết được phát biểu rõ ràng, gồm cả những điều kiện đã cho và mục đích cần đạt được. Học sinh cảm thấy có khả năng giải quyết được vấn đề.

8.3.2. Các kiểu tình huống học tập

a)Tình huống phát triển, hoàn chỉnh

Học sinh đứng trước một vấn đề chỉ mới được giải quyết một phần, một bộ phận, trong một phạm vi hẹp, cần phải tiếp tục phát triển, hoàn chỉnh, mở rộng thêm sang những phạm vi mới, lĩnh vực mới.

Phát triển, hoàn chỉnh vốn kiến thức của mình luôn luôn là niềm khát khao của tuổi trẻ, đồng thời, như Risa Fâyman nói, đó cũng là con đường phát triển của khoa học. Quá trình phát triển, hoàn chỉnh kiến thức sẽ đem lại những kết quả mới (kiến thức mới, kỹ năng mới, phương pháp mới) nhưng trong quá trình đó, vẫn có thể sử dụng những kiến thức, kỹ năng, phương pháp đã biết.

Ví dụ 1: Học sinh lớp 10 đã biết phương pháp động lực học áp dụng các định luật Niutơn vào việc giải bài toán chuyển động của một vật trên mặt phẳng nằm ngang, xác định số chỉ của lực kế khi ta treo một vật vào đầu dưới của lực kế đứng yên (số chỉ của lực kế bằng trọng lực tác dụng lên vật). Vấn đề mới đặt ra là: Lực kế sẽ chỉ bao nhiêu, nếu nó được kéo lên thẳng đứng nhanh dần đều với gia tốc a? Thật khó có thể dự đoán được, bởi vì trong đời sống hàng ngày, học sinh rất ít gặp trường hợp vật đi lên thẳng đứng nhanh dần đều. Mặt khác, học sinh cũng cảm nhận được rằng : Vấn đề mới đặt ra cũng là vấn đề chuyển động của vật chịu tác dụng của lực. Việc áp dụng phương pháp động lực học đã biết đi đến một kết quả mới bất ngờ: Lực kế chỉ một lực lớn hơn trọng lực tác dụng lên vật. Kết quả mới này dẫn đến hình thành khái niệm mới trọng lượng để phân biệt với khái niệm trọng lực đã biết.

Ví dụ 2: Ở lớp 11, khi học về từ trường, học sinh đã biết: Dòng điện chạy trong một dây dẫn sinh ra từ trường chung quanh nó. Vấn đề mới mà một người ham hiểu biết có thể đặt ra là: Ngược lại, từ trường có thể sinh ra dòng điện được không? Để giải quyết vấn đề mới này, không thể dùng một kiến thức cũ đã biết nào cả mà phải xây dựng khái niệm mới là từ thông và phải khảo sát thực nghiệm để rút ra định luật cảm ứng điện từ.

b) Tình huống lựa chọn

Học sinh đứng trước một vấn đề có mang một số dấu hiệu quen thuộc, có liên quan đến một số kiến thức hay một số phương pháp giải quyết đã biết, nhưng chưa chắc chắn là có thể dùng kiến thức nào, phương pháp nào để giải quyết vấn đề thì sẽ có hiệu quả. Học sinh cần phải lựa chọn, thậm chí thử làm xem kiến thức nào, phương pháp nào có hiệu quả để giải quyết được vấn đề đặt ra.

Ví dụ: Ở lớp 10, khi nghiên cứu sự tương tác bằng va chạm giữa hai vật, một vấn đề mới được đặt ra là: Liệu có đại lượng nào được bảo toàn trong quá trình hai vật tương tác không? Học sinh không thể trả lời ngay được câu hỏi này, nhưng học sinh cảm nhận được rằng: Đây là bài toán hai vật tương tác chuyển động, vậy có thể áp dụng các định luật Niutơn để giải quyết. Mặt khác, học sinh cũng đã biết phương án thí nghiệm khảo sát chuyển động của các vật. Như vậy, có hai cách để giải quyết vấn đề trên. Việc lựa chọn cách giải quyết nào sẽ tuỳ theo tình hình lớp học và tình hình thiết bị của nhà trường. Như vậy, cách giải quyết vấn đề và kiến thức cần dùng khi giải quyết vấn đề là đã biết, nhưng kết quả đạt được là một định luật mới.

Ở các lớp cuối bậc trung học phổ thông, học sinh đã biết khá nhiều kiến thức vật lý và toán học nên nhiều tình huống học tập là tình huống lựa chọn. Ngay cả khi đã chọn phương án thí nghiệm rồi, cũng còn có thể xảy ra việc phải lựa chọn thí nghiệm cụ thể nào khả thi, có hiệu quả, phù hợp với điều kiện cụ thể của nhà trường.

c) Tình huống bế tắc

Học sinh đứng trước một vấn đề mà trước đây chưa gặp một vấn đề nào tương tự. Vấn đề cần giải quyết không có một dấu hiệu nào liên quan đến một kiến thức hoặc một phương pháp đã biết. Học sinh bắt buộc phải xây dựng kiến thức mới hay phương pháp mới để giải quyết vấn đề. Tình huống này thường gặp khi bắt đầu nghiên cứu một lĩnh vực kiến thức mới.

Ví dụ: Khi bắt đầu nghiên cứu quang hình học, học sinh cần phải tìm quy luật về đường truyền của tia sáng khi đi qua mặt phân cách giữa hai môi trường trong suốt. Trước đó, học sinh chưa biết một kiến thức nào có liên quan đến hiện tượng này và cũng chưa biết cách nào để xác định được mối quan hệ định lượng giữa góc tới và góc khúc xạ.Cách giải quyết vấn đề duy nhất lúc này là phải làm thí nghiệm. Song có làm thí nghiệm cũng khó có thể thấy góc tới và góc.khúc xạ liên hệ với nhau theo một hàm số sin. Để diễn tả được quy luật về đường truyền của tia sáng qua mặt phân cách giữa hai môi trường, còn phải xây dựng kiến thức mới là khái niệm chiết suất.

d) Tình huống "tại sao?"

Trong nhiều trường hợp, học sinh quan sát thấy một hiện tượng vật lý nào đó xảy ra trái với những suy nghĩ thông thường, "trái" với những kiến thức mà học sinh đã biết hoặc là chưa bao giờ gặp nên không biết dựa vào đâu mà lí giải. Học sinh cần phải tìm xem nguyên nhân vì đâu lại có sự trái ngược đó, sự lạ lùng đó. Để trả lời câu hỏi này, cần phải xây dựng kiến thức mới. Cũng có những trường hợp học sinh không nhận thấy ngay mối liên quan giữa hiện tượng xảy ra với những kiến thức đã biết hoặc thoạt mới nhìn thì thấy hình như hiện tượng xảy ra trái với những điều đã biết, nhưng xét kỹ lại thấy không có gì trái cả, chỉ vì hiện tượng diễn ra phức tạp khiến cho ta nhầm lẫn.

Ví dụ 1: Học sinh lớp 7 đã biết áp suất của một vật rắn lên mặt bàn tỷ lệ với trọng lượng của vật, từ đó suy ra rằng: Áp suất của một bình nước lên đáy bình cũng tăng theo trọng lượng của nước trong bình. Nhưng khi quan sát một bình nước kín, trên miệng bình có gắn một ống nhỏ và cao, đổ vào ống một lượng nước tuy nhỏ nhưng cao nhiều mét thì thấy: Áp suất của nước lên đáy bình và thành bình lại tăng lên rất nhiều, đến mức có thể làm vỡ bình. Điều này xảy ra hoàn toàn bất ngờ đối với học sinh và học sinh không hiểu nguyên nhân tại sao. Để giải thích hiện tượng này, ta phải xác lập một định luật mới về sự truyền áp suất của chất lỏng, khác với chất rắn. Chất rắn truyền áp lực đi nguyên vẹn, trong khi đó thì chất lỏng lại truyền áp suất đi nguyên vẹn. Do đó, một lượng nước tuy nhỏ nhưng có chiều cao lớn sẽ gây một áp suất lớn lên đáy bình và thành bình và kết quả là gây một áp lực rất lớn lên chúng.

Ví dụ 2: Thả một con cá nhỏ còn sống vào một ống nghiệm thuỷ tinh đựng đầy nước. Dùng đèn cồn đun nóng phần trên gần miệng ống cho đến khi nước ở trên miệng ống sôi, ta vẫn thấy con cá bơi lội ở dưới. Tại sao? Thoạt tiên, học sinh thấy hiện tượng rất lạ, trái với sự hiểu biết thông thường là cá không thể sống trong nước sôi. Song nếu xét kỹ, thì thấy có thể giải thích được hiện tượng, nếu chú ý rằng : Nước và thuỷ tinh đều dẫn nhiệt kém và đun nước ở phần trên ống, sẽ không xảy ra truyền nhiệt do đối lưu trong nước. Bởi vậy, tuy nước ở miệng ống đã sôi mà nước ở dưới ống vẫn lạnh.

Cách phân loại các tình huống học tập như trên chỉ là tương đối. Tùy theo cách đặt câu hỏi, cách dẫn dắt, cách tổ chức tình huống mà học sinh sẽ rơi vào tình huống này hay tình huống khác. Ví dụ : Khi nghiên cứu định luật cảm ứng điện từ (lớp 11), giáo viên có thể đưa học sinh vào nhiều kiểu tình huống khác nhau như sau :

- Giáo viên đặt câu hỏi : Ta đã biết dòng điện có thể sinh ra từ trường ở chung quanh nó. Vậy ngược lại, từ trường có thể sinh ra dòng điện được không ? Như vậy, giáo viên đã đặt học sinh vào tình huống phát triển, hoàn chỉnh.

- Giáo viên đặt câu hỏi : Ta đã biết muốn tạo ra dòng điện trong một dây dẫn, ta phải mắc hai đầu dây dẫn vào hai đầu một nguồn điện như pin và acquy. Liệu ta có thể không dùng pin hoặc acquy mà dùng một cách khác để tạo ra dòng điện được không ? Ở đây, học sinh đã ở vào tình huống bế tắc.

- Giáo viên đưa ra một máy phát điện quay tay mắc nối tiếp với một bóng đèn, chỉ cho học sinh thấy trong mạch không có nguồn điện quen thuộc là pin hay acquy. Nhưng khi quay máy thì đèn sáng. Giáo viên đặt câu hỏi : Tại sao đèn sáng mặc dù trong mạch không có nguồn điện ? Như thế là học sinh đã ở vào tình huống "tại sao?".

Để tăng sự hấp dẫn của bài học và sự mềm dẻo của tư duy học sinh, giáo viên nên thường xuyên thay đổi kiểu tình huống học tập.

8.3.3. Tổ chức tình huống học tập

Tổ chức tình huống học tập thực chất là tạo ra hoàn cảnh để học sinh tự ý thức được vấn đề cần giải quyết, có nhu cầu, hứng thú giải quyết vấn đề, biết được mình cần phải làm gì và sơ bộ xác định được làm như thế nào.

Cần thiết kế mỗi bài học thành một chuỗi tình huống học tập liên tiếp, được sắp đặt theo một trình tự hợp lý của sự phát triển vấn đề cần nghiên cứu, nhằm đưa học sinh tiến dần từ chỗ chưa biết đến biết, từ biết không đầy đủ đến biết đầy đủ và nâng cao dần năng lực giải quyết vấn đề của học sinh.

Quy trình tổ chức tình huống học tập trong lớp có thể gồm các giai đoạn chính sau đây :

- Giáo viên mô tả một hoàn cảnh cụ thể mà học sinh có thể cảm nhận được bằng kinh nghiệm thực tế, biểu diễn một thí nghiệm hoặc yêu cầu học sinh làm một thí nghiệm đơn giản để làm xuất hiện hiện tượng cần nghiên cứu.

- Giáo viên yêu cầu học sinh mô tả lại hoàn cảnh hoặc hiện tượng bằng chính lời lẽ của mình theo ngôn ngữ vật lý.

- Giáo viên yêu cầu học sinh dự đoán sơ bộ hiện tượng xảy ra trong hoàn cảnh đã mô tả hoặc giải thích hiện tượng quan sát được dựa trên những kiến thức và phương pháp đã có từ trước (giải quyết sơ bộ vấn đề).

- Giáo viên giúp học sinh phát hiện ra chỗ không đầy đủ của họ trong kiến thức, trong cách giải quyết vấn đề và đề xuất nhiệm vụ mới cần giải quyết (dưới dạng câu hỏi, nêu rõ những điều kiện đã cho và yêu cầu cần đạt được).

Như vậy, tình huống học tập xuất hiện khi học sinh ý thức được rõ ràng nội dung, yêu cầu của vấn đề cần giải quyết và sơ bộ nhận thấy mình có khả năng giải quyết được vấn đề, nếu cố gắng suy nghĩ và tích cực hoạt động.

8.4. Các kiểu hướng dẫn học sinh giải quyết vấn đề

Dựa theo những cách mà nhà bác học thường dùng để giải quyết các vấn đề khoa học kỹ thuật, có thể có những kiểu hướng dẫn học sinh giải quyết vấn đề sau : Hướng dẫn tìm tòi quy về kiến thức, phương pháp đã biết; hướng dẫn tìm tòi sáng tạo từng phần; hướng dẫn tìm tòi sáng tạo khái quát.

8.4.1. Hướng dẫn tìm tòi quy về kiến thức, phương pháp đã biết

Các định luật vật lý rất đơn giản, nhưng biểu hiện của chúng trong thực tế lại rất phức tạp. Các định luật vật lý thường phát biểu lên các mối quan hệ trong điều kiện lý tưởng, hiện tượng chỉ bị chi phối bởi một nguyên nhân, nhưng hiện tượng thực tế thường lại bị chi phối bởi nhiều nguyên nhân tác động đồng thời hoặc diễn biến nhanh theo nhiều giai đoạn, mỗi giai đoạn có một nguyên nhân nhưng ta chỉ quan sát thấy giai đoạn cuối cùng.

Hướng dẫn tìm tòi quy về kiến thức, phương pháp đã biết có nghĩa là: Thoạt mới tiếp xúc với vấn đề cần giải quyết, không thấy ngay mối quan hệ của nó với những cái đã biết, không thể áp dụng ngay một quy tắc, một định luật hay một cách làm đã biết mà cần phải tìm tòi bằng phương pháp phân tích, tổng hợp, so sánh để tìm ra những dấu hiệu tương tự với cái đã biết. Kiểu hướng dẫn này thường gặp khi học sinh vận dụng kiến thức đã biết nhưng chưa có phương pháp, quy trình hữu hiệu. Có 3 trường hợp phổ biến sau đây :

a) Hướng dẫn học sinh diễn đạt vấn đề cần giải quyết bằng ngôn ngữ vật lý

Nhiều khi ngôn ngữ sử dụng trong đời sống hàng ngày không giống như ngôn ngữ dùng trong các định luật, quy tắc vật lý. Nếu không chuyển được sang ngôn ngữ vật lý thì không thể nào áp dụng được những định luật, quy tắc đã biết.

Ví dụ: Giải thích vì sao ngồi trên xe đang chạy hãm phanh đột ngột, người lại ngã về phía trước. Mới nghe không thấy có định luật vật lý nào nói đến "xe đang chạy" "ngã" và "hãm phanh đột ngột". Nếu phân tích kỹ ý nghĩa của các cụm từ này, học sinh sẽ nhận ra những dấu hiệu quen thuộc của quán tính: "Xe đang chạy" có nghĩa là người đang chuyển động cùng xe,"hãm phanh đột ngột" có nghĩa là xe dừng lại đột ngột, "người ngã về phía trước" có nghĩa là người tiếp tục chuyển động về phía trước so với xe . Hiểu theo ngôn ngữ vật lý như thế, học sinh sẽ giải thích được hiện tượng như sau: Xe có lực hãm làm cho nó giảm vận tốc đột ngột và dừng lại, còn người đang chuyển động không bị lực nào tác dụng nên tiếp tục chuyển động thẳng đều vì quán tính, bị văng đi về phía trước xe, do đó người ngã về phía trước.

b) Hướng dẫn học sinh phân tích một hiện tượng vật lý phức tạp bị chi phối bởi nhiều nguyên nhân thành những hiện tượng đơn giản, chỉ bị chi phối bởi một nguyên nhân, một định luật đã biết

Ví dụ : Một hòn bi được thả không có vận tốc ban đầu trên một máng nghiêng từ một độ cao h. Xuống đến cuối máng nghiêng, bi tiếp tục đi lên một máng hình tròn nằm trong mặt phẳng thẳng đứng có bán kính R. Tìm độ cao h tối thiểu cần phải thả bi để nó có thể đi qua vị trí cao nhất của vòng tròn mà không chạm vào vòng. Coi ma sát không đáng kể.

Đây là một bài tập mới dự đoán một hiện tượng xảy ra trong những điều kiện xác định mà học sinh chưa gặp bao giờ. Việc bi có thể đi qua vị trí cao nhất của vòng tròn phụ thuộc vào hai yếu tố: Có vận tốc v cần thiết ở độ cao 2R và có lực hướng tâm đủ để giữ cho bi trên quỹ đạo tròn. Việc hướng dẫn học sinh là nhằm giúp họ phát hiện ra hai yếu tố đó mà lúc đầu họ không nhận thấy được. Giáo viên có thể đặt những câu hỏi như sau :

- Bi muốn chuyển động trên quỹ đạo tròn với vận tốc v thì phải có điều kiện gì ? (Phải có lực hướng tâm tác dụng lên bi phù hợp với công thức $F_{ht} = mv^2 / R$).

- Ở điểm cao nhất của vòng tròn, có những lực nào tác dụng lên bi và lực hướng tâm tại điểm này tính thế nào ? (Có trọng lực P = mg và phản lực N của vòng tròn. Hai lực này đều hướng vào tâm vòng tròn nên $F_{ht} = mg + N$).

- Vận tốc v của bi do đâu mà có ? (Do bi được thả từ độ cao h xuống, sau đó tiếp tục đi lên).

- Định luật nào chi phối sự biến đổi vận tốc của bi khi bi thay đổi độ cao h ? (Định luật bảo toàn cơ năng : Cơ năng của bi ở điểm được thả bằng cơ năng của bi ở điểm cao nhất của vòng tròn).

$$mgh = mg.2R + mv^2 / 2$$

$$2g\,(h - 2R) = v^2$$

- Khi bi không chạm vào vòng tròn ở điểm cao nhất thì phản lực của vòng tác dụng lên bi có giá trị là bao nhiêu ? Do đó lực hướng tâm lúc này là bao nhiêu ? ($N = 0$, do đó $F_{ht} = mg$).

Cuối cùng, áp dụng điều kiện của chuyển động tròn đều, suy ra :

$$F_{ht} = mg = mv^2 / R$$

$$Rg = v^2 = 2g\,(h - 2R)$$

$$h = 5R/2.$$

c) Hướng dẫn học sinh phân chia quá trình diễn biến của hiện tượng thành nhiều giai đoạn, mỗi giai đoạn đó tuân theo một quy luật xác định đã biết

Ví dụ : Một con cá nhỏ được thả trong một ống thuỷ tinh dài đựng đầy nước. Dùng đèn cồn đun nóng phần trên gần miệng ống cho đến khi nước ở phần này sôi lên, ta thấy cá vẫn bơi lội ở dưới. Giải thích tại sao ?

Lúc đầu, học sinh rất lạ lùng trước hiện tượng xảy ra vì cá lại có thể sống trong nước sôi. Nhưng xét kỹ sẽ thấy điều đó phù hợp với những quy luật, những tính chất của vật thể mà học sinh đã biết. Giáo viên có thể hướng dẫn học sinh phân tích diễn biến của hiện tượng này như sau :

- Cá sống được vì nước ở phần dưới ống chưa bị nóng lên, trong khi nước ở miệng ống đã bị đun sôi. Vậy nước có tính chất gì mà ở trên mặt thì nước sôi còn ở dưới, nước vẫn lạnh ? (Nước dẫn nhiệt kém).

- Nước có thể truyền nhiệt bằng những cách nào ? Ở đây, có những hình thức truyền nhiệt nào ?(Dẫn nhiệt và đối lưu. Ở đây, không có đối lưu vì nước nóng nhẹ ở trên mặt nước không chìm xuống dưới, còn nước ở dưới lạnh trọng lượng riêng lớn không nổi lên trên được).

- Thuỷ tinh có tính chất gì mà đun nóng ở trên miệng nhưng dưới đáy vẫn lạnh ? (Dẫn nhiệt kém).

- Nếu đun lâu thì cá có sống được không? Vì sao ?

Tóm lại, qua những gợi ý ở trên, học sinh sẽ hình dung thấy diễn biến của hiện tượng như sau: Đầu tiên đun nóng phần trên của ống thì cả ống và nước ở phần này đều nóng lên. Nhiệt thu được ở đây sẽ truyền xuống dưới, nhưng ống thuỷ tinh và nước đều dẫn nhiệt kém, truyền nhiệt chậm, cho nên tuy phần trên đã sôi mà phần dưới vẫn còn lạnh. Bởi thế, cá vẫn sống. Nếu đun lâu hoặc dùng ống bằng kim loại dẫn nhiệt tốt thì phần dưới sẽ mau chóng bị nóng lên và cá sẽ chết.

Ba kiểu hướng dẫn tìm tòi quy về kiến thức, phương pháp đã biết nêu trên có tác dụng rất tốt để chuẩn bị cho học sinh tìm tòi sáng tạo, vì trước khi sáng tạo ra cái mới thông thường người ta đã phải sử dụng tất cả những cái đã biết mà không thành công.

8.4.2. Hướng dẫn tìm tòi sáng tạo từng phần

Kiểu hướng dẫn này thường được sử dụng khi nghiên cứu tài liệu mới, học sinh được giao nhiệm vụ phát hiện những tính chất mới, những mối liên hệ có tính quy luật mà trước đây học sinh chưa biết hoặc biết chưa đầy đủ.

Ở đây, không thể hoàn toàn chỉ sử dụng những kiến thức đã biết, không có con đường suy luận lôgic để suy từ cái đã biết đến cái chưa biết mà đòi hỏi sự sáng tạo thực sự, một bước nhảy vọt trong nhận thức. Các nhà khoa học cho rằng : Trong tình huống này, trực giác đóng vai trò quan trọng. Bằng trực giác (dựa trên kinh nghiệm và vốn hiểu biết), nhà khoa học dự đoán một câu trả lời, một giải pháp cho vấn đề đặt ra rồi tìm cách kiểm tra tính đúng đắn của dự đoán (giả thuyết) đó bằng thực nghiệm. Rèn luyện trực giác khoa học cho học sinh là điều khó khăn, giáo viên không thể chỉ ra cho học sinh con đường đi đến trực giác mà tự học sinh phải thực hiện nhiều lần để có kinh nghiệm, không ai có thể làm thay được. Tuy nhiên, giáo viên có thể tạo điều kiện thuận lợi cho học sinh tập dượt những bước nhảy đó, bằng cách phân chia một bước nhảy vọt lớn trong khoa học thành những bước nhỏ nằm trong vùng phát triển gần của học sinh. Sau khi được rèn luyện nhiều lần, học sinh sẽ tích luỹ được kinh nghiệm, có sự nhạy cảm phát hiện, đề xuất được giải pháp mới để vượt qua khó khăn.

Thông thường, trong khi tìm tòi giải quyết một vấn đề mới, học sinh không phải là hoàn toàn bế tắc ngay từ đầu hoặc bế tắc trong toàn bộ tiến trình giải quyết vấn đề. Trong khi lập luận để giải quyết vấn đề có nhiều phần sử dụng những kiến thức cũ, phương pháp cũ thành công, chỉ đến phần nào đó mới bế tắc, đòi hỏi phải tìm cái mới thực sự.

Ví dụ : Khi nghiên cứu định luật bảo toàn cơ năng ở lớp 10, học sinh đã biết cách tính động năng và thế năng của vật khi vật chuyển động trong trường trọng lực và biết rằng: Khi vật rơi, thế năng giảm và động năng tăng. Vấn đề mới đặt ra là : Trong quá trình vật rơi, cả thế năng và động năng đều biến đổi, vậy liệu có đại lượng nào bảo toàn hay không ? Trong những kiến thức mà học sinh đã biết, chưa có kiến thức nào nói đến điều này. Nhưng vì học sinh đã biết: Trong khi một vật rơi thì thế năng giảm và động năng tăng, nên có thể dự đoán là: Tổng động năng và thế năng của vật không đổi.

Làm thế nào để biết dự đoán đó đúng hay không ? Học sinh đã biết quy luật của sự rơi tự do nên cũng biết cách tính vận tốc của vật rơi tự do khi nó rơi được một độ cao h, do đó tính được giá trị của động năng, thế năng của vật ở mỗi vị trí và tổng của chúng. Học sinh thực hiện các phép tính đã biết và đi đến kết luận mới : Tổng động năng và thế năng của vật không đổi khi vật chuyển động trong trường trọng lực. Kết luận này được rút ra bằng suy luận lý thuyết, cần phải kiểm tra lại bằng thực nghiệm. Tuy nhiên, việc bố trí thí nghiệm kiểm tra rất phức tạp do việc đo vận tốc tức thời của vật ở cuối đoạn đường rơi . Bởi thế, giáo viên giới thiệu cho học sinh thí nghiệm trên máy Attut nhằm kiểm tra kết luận trên. Thí nghiệm này chỉ có thể thực hiện được trong một bài thực hành.

Học sinh đã biết có hai trường hợp lực thế trong cơ học là trọng lực và lực đàn hồi. Vậy một vấn đề mới được đặt ra là: Liệu định luật bảo toàn cơ năng có đúng cho trường hợp vật chuyển động dưới tác dụng của lực đàn hồi không ? Do sự tương tự giữa trọng lực và lực đàn hồi (đều là lực thế) nên có thể dự đoán là: Định luật bảo toàn cơ năng cũng đúng cho trường hợp lực đàn hồi. Làm thế nào để kiểm tra được dự đoán này? Ở lớp 10, học sinh chưa biết cách tính công của lực đàn hồi (F = - kx) do lực đàn hồi biến đổi theo độ dãn, nén của lò xo. Vì thế, học sinh cũng chưa tính được động năng và thế năng của vật ở mỗi vị trí của con lắc lò xo. Ở đây, học sinh không áp dụng được phương pháp đã dùng cho trường hợp trọng lực, mà cần phải có một cách làm khác, đó là sử dụng phương pháp thực nghiệm.

Giáo viên hướng dẫn học sinh từ dự đoán đã nêu, suy ra hệ quả là: Khi không có ma sát, con lắc lò xo sẽ dao động mãi mãi giữa hai điểm A và B đối xứng với vị trí cân bằng O. Sau đó, phải làm thí nghiệm để kiểm tra hệ quả này. Việc bố trí một con lắc lò xo nằm ngang không có ma sát là một việc rất khó, học sinh có thể đề ra được những phương án làm giảm ma sát nhưng không có hiệu quả, dao động của con lắc lò xo mau chóng bị tắt dần. Giáo viên phải giới thiệu một thiết bị đặc biệt (đệm không khí) mới có ở trường phổ thông để giảm ma sát triệt để và cho vật dao động trên đệm không khí. Thí nghiệm đã chứng tỏ hệ quả trên là đúng. Như vậy, ta khẳng định được: Định luật bảo toàn cơ năng có ý nghĩa tổng quát, đúng cho cả hai trường hợp lực thế trong cơ học là trọng lực và lực đàn hồi.

8.4.3. Hướng dẫn tìm tòi sáng tạo khái quát

Ở kiểu hướng dẫn này, giáo viên chỉ hướng dẫn học sinh xây dựng phương hướng chung giải quyết vấn đề, còn việc vạch kế hoạch chi tiết và thực hiện kế hoạch đó do học sinh tự làm. Kiểu hướng dẫn này đòi hỏi ở học sinh không những tính tự lực cao mà còn phải có vốn kiến thức, kỹ năng, kỹ xảo vững vàng và có một số kinh nghiệm hoạt động sáng tạo. Nói cách khác, kiểu hướng dẫn này áp dụng cho đối tượng học sinh khá và giỏi. Trong điều kiện không tách những học sinh khá ra thành một lớp riêng, giáo viên vẫn có thể sử dụng kiểu hướng dẫn này kết hợp với kiểu hướng dẫn tìm tòi sáng tạo từng phần. Học sinh khá thì có thể tích cực tham gia thảo luận ngay từ khi xác định phương hướng chung và lập kế hoạch tổng thể, còn học sinh yếu hơn thì tham gia vào giải quyết từng phần cụ thể của kế hoạch đó.

Ví dụ: Khi nghiên cứu kính hiển vi, học sinh đã biết có thể dùng kính lúp để quan sát ảnh ảo phóng đại của những vật nhỏ. Vấn đề mới xuất hiện là: Độ phóng đại góc của kính lúp không vượt quá được 25, vậy làm thế nào có thể đạt được độ phóng đại góc lớn hơn nữa để quan sát được các vật rất nhỏ (tế bào, vi khuẩn) ? Rõ ràng là phải dùng biện pháp mới: Phóng đại lần thứ hai qua một thấu kính, để thu được ảnh ảo cuối cùng nhiều lần lớn hơn là dùng kính lúp.

Giáo viên hướng dẫn học sinh nhớ lại những cách khác nhau để phóng đại ảnh bằng thấu kính và yêu cầu học sinh đề xuất giải pháp. Học sinh có thể đề xuất hai giải pháp sau:

- Dùng kính thứ nhất là kính lúp cho ảnh ảo phóng đại, rồi dùng một thấu kính hội tụ thứ hai như một kính lúp thứ hai phóng đại ảnh lên một lần nữa.

- Dùng một thấu kính hội tụ cho một ảnh thật phóng đại lên lần thứ nhất, sau đó dùng một thấu kính hội tụ thứ hai như một kính lúp để thu được ảnh ảo được phóng đại lên lần thứ hai.

Tiếp theo, giáo viên yêu cầu học sinh tự lực dùng cách vẽ hình để tạo ảnh qua hai hệ thống kính nói trên, phân tích ưu nhược điểm của hai giải pháp và chọn lấy giải pháp có lợi hơn. Học sinh tự lực thực hiện công việc dựng hình này và thảo luận về kết quả thu được.

8.5. Ví dụ về bài học theo kiểu dạy học giải quyết vấn đề

Ta hãy xét bài học về lực đẩy Acsimet - sự nổi của vật (lớp 7). Bài học này được chia thành một chuỗi nhiều tình huống học tập liên tiếp và sử dụng nhiều phương pháp nhận thức khác nhau để giải quyết vấn đề học tập. Mặc dù học sinh lớp 7 chưa được học tường minh các phương pháp nhận thức, nhưng giáo viên thì cần phải biết rõ mình sử dụng phương pháp nào để làm cho đúng và rèn luyện cho học sinh quen dần.

a) Tình huống 1

Giáo viên yêu cầu học sinh nêu lên những hiện tượng xảy ra khi ta thả các vật khác nhau vào nước (hòn đá, cái lá, cái thuyền sắt, cái kim khâu, miếng xốp và miếng sắt cùng thể tích...). Vấn đề đặt ra là: Khi ta nhúng các vật khác nhau vào nước, có vật chìm xuống, có vật lại nổi lên. Thông thường thì vật nặng chìm xuống, vật nhẹ nổi lên, nhưng có nhiều trường hợp, vật nhẹ lại chìm xuống, còn vật nặng lại nổi lên. Tại sao? (tình huống "tại sao?").

Tình huống này phức tạp, nêu lên một vấn đề lớn, không thể giải quyết ngay được nên học sinh lúng túng. Giáo viên cần phải phân chia vấn đề cần giải quyết ra thành những vấn đề nhỏ hơn.

b) Tình huống 2

Giáo viên nhắc lại điều đã biết là: Các vật đều chịu tác dụng của trọng lực làm vật rơi từ trên xuống dưới. Khi thả một miếng xốp vào chậu nước, tại sao miếng xốp không rơi xuống đáy chậu? Có lực nào khác tác dụng lên miếng xốp? Bằng kinh nghiệm hàng ngày, học sinh dễ dàng phát hiện được là: Nước đẩy vật lên, nghĩa là nước tác dụng một lực lên vật, lực này hướng thẳng đứng từ dưới lên trên.

Khi ta thả một cục sắt vào chậu nước, cục sắt tiếp tục rơi trong nước, chìm xuống đáy chậu. Ở trường hợp này, nước có tác dụng một lực lên vật không? Làm thế nào biết được? Muốn biết có lực của nước tác dụng lên vật không, ta phải tìm cách đo lực đó. Học sinh đã biết cách dùng lực kế để đo lực, nhưng ở đây,không đo được trực tiếp lực đẩy của nước lên vật. Ta phải tìm một cách đo gián tiếp như thế nào? (Tình huống phát triển).

- Vấn đề: Làm thế nào để chứng tỏ được rằng: Có lực đẩy của nước tác dụng lên một vật nhúng trong nó và đo lực đó bằng cách nào?

- Kiểu hướng dẫn giải quyết vấn đề: Hướng dẫn tìm tòi sáng tạo từng phần, sử dụng phương pháp thực nghiệm.

Treo vật ở đầu dưới lực kế. Khi chưa nhúng vật vào nước, lực kế chỉ trọng lực của vật (ở lớp 7, chưa phân biệt trọng lực và trọng lượng). Khi nhúng vật vào nước, lực kế chỉ một lực nhỏ hơn trọng lực. Điều đó chứng tỏ có một lực đẩy của nước từ dưới lên, lực kế chỉ hiệu số của hai lực đó: $F_{lk} = P - F_A$. Lực đẩy của nước tác dụng lên vật hướng từ dưới lên trên được gọi là lực đẩy Acsimet.

c) Tình huống 3

Ta tiếp tục đi sâu hơn nữa, xét xem lực đẩy Acsimet phụ thuộc vào những yếu tố nào? (tình huống phát triển).

- Vấn đề: Hãy xác định độ lớn của lực đẩy Acsimet phụ thuộc vào những yếu tố nào?

- Kiểu hướng dẫn giải quyết vấn đề : Hướng dẫn tìm tòi sáng tạo từng phần, sử dụng phương pháp thực nghiệm.

Lần lượt kiểm tra các dự đoán mà học sinh có thể nêu ra: Lực đẩy Acsimet phụ thuộc vào thể tích của vật, vào trọng lượng riêng của vật, vào trọng lượng riêng của chất lỏng..., để rút ra kết luận về sự phụ thuộc của lực đẩy Acsimet vào thể tích của vật chìm trong chất lỏng (thể tích của khối chất lỏng bị vật chiếm chỗ) và vào trọng lượng riêng của chất lỏng. Kết quả của việc giải quyết vấn đề dẫn tới nội dung định luật Acsimet.

Mặt khác, vì học sinh đã biết tính áp suất của chất lỏng tác dụng lên mặt có diện tích S nhúng trong chất lỏng có trọng lượng riêng d ở độ sâu h: p = dh, nên giáo viên có thể yêu cầu thêm học sinh xuất phát từ công thức này để rút ra công thức tính độ lớn của lực đẩy Acsimet. Ở đây, giáo viên sử dụng kiểu hướng dẫn tìm tòi quy về kiến thức, phương pháp đã biết. Giáo viên hướng dẫn học sinh phân tích hiện tượng để rút ra kết luận: Lực đẩy Acsimet bằng hiệu số của các áp lực mà chất lỏng tác dụng lên mặt dưới và mặt trên của vật (chỉ xét trường hợp đơn giản vật có dạng hình khối lập phương).

d) Tình huống 4

Như ta đã biết ở trên, một vật nhúng trong chất lỏng sẽ chịu tác dụng của hai lực: Trọng lực và lực đẩy Acsimet. Ta đã biết cách xác định hai lực đó. Vậy ta quay trở lại vấn đề được nêu lên từ đầu: Nhúng một vật trong chất lỏng, khi nào thì vật nổi lên, chìm xuống hay lơ lửng trong chất lỏng? (tình huống phát triển, hoàn chỉnh).

- Vấn đề: So sánh trọng lực và lực đẩy Acsimet để tìm xem một vật nhúng trong chất lỏng khi nào thì nổi lên, chìm xuống hay lơ lửng trong chất lỏng?

- Kiểu hướng dẫn giải quyết vấn đề: Hướng dẫn tìm tòi quy về kiến thức, phương pháp đã biết.

Giáo viên yêu cầu học sinh nhắc lại kiến thức cũ: Khi vật chịu tác dụng của hai lực cùng phương, ngược chiều nhau F_1 và F_2 thì có những khả năng chuyển động nào của vật, nếu độ lớn của hai lực thay đổi ?

Học sinh vận dụng quy tắc hợp lực của hai lực cùng phương, ngược chiều để tìm hợp lực. Từ đó, suy ra hướng chuyển động của vật (đứng yên, nổi lên hay chìm xuống).

e) Tình huống 5

Ta đã biết ở trên: Một vật nhúng vào trong chất lỏng thì chịu tác dụng của lực đẩy Acsimet. Ta lại biết: Giống như chất lỏng, các chất khí cũng gây ra áp suất ở trong lòng chúng. Vậy một vật nhúng trong chất khí, chẳng hạn trong không khí, có chịu tác dụng của lực đẩy Acsimet từ chất khí lên nó không? (tình huống phát triển hoàn chỉnh).

- Vấn đề: Một vật đặt trong không khí có chịu tác dụng của lực đẩy Acsimet giống như vật nhúng trong chất lỏng không?

- Kiểu hướng dẫn giải quyết vấn đề: Hướng dẫn tìm tòi sáng tạo từng phần, sử dụng phương pháp tương tự.

Dựa trên sự tương tự của chất lỏng và chất khí trong việc gây ra áp suất trong lòng chúng, suy ra dự đoán: Một vật đặt trong không khí cũng chịu một lực đẩy Acsimet bằng trọng lượng của khối không khí bị vật chiếm chỗ. Từ dự đoán này, suy ra hệ quả: Vật nổi lên hay rơi xuống trong không khí cũng tùy thuộc vào mối tương quan về độ lớn giữa lực đẩy Acsimet và trọng lực tác dụng lên vật. Giáo viên nêu lên ví dụ khẳng định hệ quả và cũng là khẳng định dự đoán trên: Quả bóng cao su rơi xuống đất do trọng lực lớn hơn lực đẩy Acsimet, quả bóng bay, khí cầu chứa chất khí (ví dụ chứa khí hê li) có trọng lượng riêng nhỏ hơn trọng lượng riêng không khí nên "nổi" trong không khí.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. A. Anhstanh - L. Infen: Sự tiến triển của vật lý. 1972
   Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật,Hà Nội
2. Risa Fâyman. Tính chất các định luật vật Lý. 1996
   Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội
3. Phạm Minh Hạc. Tâm lý học Vư-gốt-xki tập 1. 1997
   Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội
4. Nguyễn Ngọc Hưng . Sử dụng phương pháp thí nghiệm tưởng tượng trong dạy học vật lý ở trường phổ thông.
   Thông báo khoa học số 6 - 1997, ĐHSP- ĐHQG Hà Nội
5. Đào Văn Phúc: Tư tưởng vật lý và phương pháp vật lý. 1983
   Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội
6. A.N. Lêônchiep: Hoạt động- Ý thức - Nhân cách. 1989
   Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội,
7. Đào Văn Phúc. Tư tưởng vật lý và phương pháp vật lý. 1983
   Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội,
8. Nguyễn Đức Thâm - Nguyễn Ngọc Hưng - Hướng dẫn học sinh giải quyết vấn đề trong dạy học vật lý.
   Nghiên cứu giáo dục số 1- 1998

9. Nguyễn Đức Thâm - Nguyễn Ngọc Hưng. Thiết kế bài học về một định luật vật lý thực nghiệm.

Nghiên cứu giáo dục số 1- 1999

Tiếng Anh

10. Kevin Barry - Len King. Beginning teaching. 1993 Social science press, Australia,

Tiếng Đức

11. Manfred Wünschmann.Methodik des Physikunterrichts. Teil: Theoretische Ausbildung I. Pädagogische Hochschule Posdam,1988

12. Rudolf Göbel. Methodik des Physikunterrichts - Wissensspeicher. Pädagogische Hochschule Posdam, 1989

Tiếng Nga

13. В. г. Разумовский - Развитие Творческих СпособНостей Учащихся В Процессе обучения физике Просвещение МОСВА - 1975

MỤC LỤC

Trang

Lời nói đầu 3

CHƯƠNG 1. BẢN CHẤT HOẠT ĐỘNG CỦA VIỆC HỌC TẬP VẬT LÝ Ở TRƯỜNG PHỔ THÔNG 5

1.1. Mục đích dạy học trong giai đoạn công nghiệp hoá, hiện đại hóa đất nước 5

1.2. Dạy học bằng hoạt động, thông qua hoạt động của học sinh 6

1.3. Con đường nhận thức vật lý 8

1.4. Những biện pháp đảm bảo cho học sinh tự lực hoạt động nhận thức có kết quả 29

CHƯƠNG 2. RÈN LUYỆN CHO HỌC SINH KỸ NĂNG THỰC HIỆN CÁC THAO TÁC TƯ DUY VÀ CÁC SUY LUẬN LÔGIC 35

2.1. Những thao tác tư duy và phương pháp suy luận lôgic chủ yếu thường dùng trong học tập vật lý 35

2.2. Phương pháp rèn luyện cho học sinh kỹ năng kỹ xảo thực hiện các thao tác tư duy và suy luận lôgic 38

2.3. Sử dụng phương pháp phân tích - tổng hợp trong dạy học vật lý ở trường phổ thông 44

2.4. Sử dụng suy luận quy nạp trong dạy học vật lý ở trường phổ thông 51

2.5. Sử dụng suy luận diễn dịch trong dạy học vật lý ở trường phổ thông 63

2.6. Sử dụng phương pháp quy nạp - diễn dịch trong dạy học vật lý ở trường phổ thông 79

CHƯƠNG 3. VẬN DỤNG LÔGIC BIỆN CHỨNG TRONG DẠY HỌC VẬT LÝ Ở TRƯỜNG PHỔ THÔNG 83

3.1. Khái niệm "Lôgic biện chứng" 83

3.2. Các nguyên tắc cơ bản của lôgic biện chứng 84

3.3. Một số phạm trù của lôgic biện chứng 96

CHƯƠNG 4. SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM TRONG DẠY HỌC VẬT LÝ Ở TRƯỜNG PHỔ THÔNG 105

4.1. Phương pháp thực nghiệm trong nghiên cứu vật lý 105

4.2. Phương pháp thực nghiệm trong dạy học vật lý 111

CHƯƠNG 5. SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM LÝ TƯỞNG TRONG DẠY HỌC VẬT LÝ Ở TRƯỜNG PHỔ THÔNG 126

5.1. Phương pháp thí nghiệm lý tưởng trong nghiên cứu vật lý 126

5.2. Phương pháp thí nghiệm lý tưởng trong dạy học vật lý 134

CHƯƠNG 6. SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP TƯƠNG TỰ TRONG DẠY HỌC VẬT LÝ Ở TRƯỜNG PHỔ THÔNG 147

6.1. Sự tương tự 147

6.2. Suy luận tương tự 148

6.3. Phương pháp tương tự 157

6.4.Phương pháp tương tự trong nghiên cứu vật lý 159

6.5. Phương pháp tương tự trong dạy học vật lý 161

CHƯƠNG 7. SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP MÔ HÌNH TRONG DẠY HỌC VẬT LÝ Ở TRƯỜNG PHỔ THÔNG 170

7.1. Mô hình 170

7.2. Phương pháp mô hình trong vật lý học 179

7.3. Phương pháp mô hình trong dạy học vật lý 186

CHƯƠNG 8. HƯỚNG DẪN HỌC SINH GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ TRONG DẠY HỌC VẬT LÝ Ở TRƯỜNG PHỔ THÔNG 196

8.1. Tiến trình giải quyết vấn đề trong khoa học 196

8.2. Đặc điểm của quá trình học sinh giải quyết vấn đề trong học tập 197

8.3. Tổ chức tình huống học tập 199

8.4. Các kiểu hướng dẫn học sinh giải quyết vấn đề 205

8.5.Ví dụ về bài học theo kiểu dạy học giải quyết vấn đề 213

Tài liệu tham khảo 218

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
16 Hàng Chuối - Hai Bà Trưng - Hà Nội
Điện thoại: (04) 9714896; (04) 9724770. Fax: (04) 9714899

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Giám đốc: PHÙNG QUỐC BẢO
Tổng biên tập: NGUYỄN BÁ THÀNH

Người nhận xét: GS. TS. NGÔ HIỆU

Biên tập & sửa bài: VŨ XUÂN BAN
Trình bày bìa: NGỌC ANH

TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG NHẬN THỨC CHO HỌC SINH TRONG DẠY HỌC VẬT LÝ Ở TRƯỜNG PHỔ THÔNG

Mã số: 1K - 53 ĐH2008
In 500 cuốn, khổ 14,5 x 20,5 cm tại Công ty Cổ phần KOV
Số xuất bản: 106 - 2008/CXB/88 - 14/ĐHQGHN, ngày 23/1/2008
Quyết định xuất bản số: 53 KH-TN/XB
In xong và nộp lưu chiểu quý IV năm 2008.